



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของ
ผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปร

โดย

รศ.ดร. วรรณฯ ตั้งเจริญชัย และคณะ

กรกฎาคม 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปร

คณะผู้วิจัย

หน่วยงาน

รศ.ดร. วรรณฯ ตั้งเจริญชัย	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
Prof. Dr. Casimir C. Akoh	The University of Georgia USA	ผู้ร่วมวิจัย
น.ส. พัชรา โกธยานันท์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล.	ผู้ช่วยวิจัย
นาง สิวดี ไทยถาวร	คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มทร.	ผู้ช่วยวิจัย
รศ.ดร. จุฑารัตน์ เสรษฐกุล	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	ที่ปรึกษาโครงการ

โครงการ “ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

โครงการวิจัย คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปร

ไขมันวัวในธรรมชาติประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง ในเชิงคุณภาพทางโภชนาการไขมันวัวอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารเหมือนน้ำมันประกอบอาหาร และไม่เหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภคโดยตรง นักวิทยาศาสตร์การอาหารพยายามใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบธรรมชาติเพื่อสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตร มีงานวิจัยในต่างประเทศที่ใช้วิธีทางเคมีและเอนไซม์เพื่อดัดแปรคุณภาพธรรมชาติของน้ำมันเพื่อสามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ กรรมวิธีการดัดแปรหรือปรับปรุงคุณภาพของไขมันโดยการแยกส่วนไขมันด้วยความเย็น (dry fractionation) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไขมัน น้ำมันและไขมันที่แยกส่วนได้มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากไขมันธรรมชาติ กระบวนการแยกส่วนไขมันสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันที่จำเป็นในไตรกลีเซอไรด์ ปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของไขมันแยกส่วน นอกจากนี้ยังพบว่าการผลิตไขมันแยกส่วนที่มีจุดหลอมเหลวสูงด้วยวิธีการแยกส่วนด้วยความเย็นแทนวิธีทางเคมีอย่างเช่นปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation) สามารถป้องกันการผลิตกรดไขมันทรานส์ (trans – fatty acids) จึงสามารถใช้วิธีการแยกส่วนไขมันด้วยความเย็นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพได้อีกด้วย ดังนั้นการวิจัยเรื่อง **คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปร**นี้ได้นำไขมันวัวจากการตัดแต่งซากมาแยกส่วนที่อุณหภูมิที่สามารถตกผลึกไขมันวัวเพื่อให้ได้ไขมันแยกส่วน ศึกษาความเป็นไปได้ที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั้นไอว ทั้งนี้เพื่อความเป็นไปได้ในการลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ไขมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ เช่น มาการีน เนยขาว

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการแยกส่วนไขมันวัวที่อุณหภูมิต่ำ 2 ระดับอุณหภูมิ ระหว่าง 40-10°C
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายด์ที่ทอดในน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นส่วนผสม

วิธีดำเนินการวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการแยกส่วนไขมันวัวที่ได้จากการตัดแต่งซากพันธุ์ลูกผสมเลื้อยยุโรป ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ จากนั้นนำไขมันวัวแยกส่วนที่ได้ไปใช้ทดแทนไขมันในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว โดยการดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะของวัตถุดิบไขมันวัว

นำวัตถุดิบไขมันวัวที่ได้จากการตัดแต่งซากพันธุ์ลูกผสมเลื้อยยุโรป จากสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ ทรป. กลาง โพนยางคำ จำกัด มาทำการตัดแต่งแยกส่วนที่เป็นเนื้อ ก้อนเลือด หรือส่วนอื่นที่ไม่ใช่ไขมันออก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหม้ขณะเจียว หั่นไขมันวัวเป็นชิ้น รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดประมาณ 2 X 2 เซนติเมตร แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะนำมาใช้ศึกษา เมื่อจะนำไขมันแช่แข็งมาใช้จะนำมาแช่ที่อุณหภูมิ $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้ไขมันแข็งละลายก่อนนำมาสกัดน้ำมันด้วยวิธีการเจียวด้วยความร้อนโดยตรง (direct heating) ที่อุณหภูมิ $110 \pm 1^{\circ}\text{C}$ แยกส่วนของกากไขมันโดยวิธีการกรอง และได้ปริมาณน้ำมัน $69.27 \pm 2.32\%$ โดยน้ำหนัก เมื่อนำน้ำมันมาวิเคราะห์คุณภาพ พบว่ามีจุดหลอมเหลว โดยวิธี Capillary tube (AOCS, 1999) $37.83 \pm 0.75^{\circ}\text{C}$ ค่าไอโอดีน (Cyclohexane–Acetic acid method; AOCS, 1999) 42.65 ± 0.79 กรัม $\text{I}_2/100$ กรัม ไขมัน ปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOCS, 1999) $0.61 \pm 0.01\%$ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาเทคนิคการแยกส่วนไขมันวัวที่สองระดับอุณหภูมิ

ศึกษาเทคนิคการแยกส่วนในขั้นที่ 1 ที่อุณหภูมิ 35°C โดยนำน้ำมันวัวที่เตรียมได้มาหลอมเหลวที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพื่อทำลายผลึกไขมันก่อนนำมาตกผลึก ที่อุณหภูมิ 35°C ศึกษาอัตราการทำเย็นของน้ำมัน ให้มีอัตราการกวนคงที่ 10 rpm ระยะเวลา 3 – 11 ชั่วโมง กรองผลึกไขมันแบบสุญญากาศและ ควบคุมอุณหภูมิขณะกรองให้เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก ปริมาณผลึกไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการตกผลึกมากขึ้น เลือกระยะเวลา 9 ชั่วโมง ที่ทำให้ได้ปริมาณผลึกไขมันแข็งมีปริมาณคงที่ เท่ากับ $23.58 \pm 2.26\%$ โดยน้ำหนัก

ศึกษาเทคนิคการแยกส่วนน้ำมัน ในขั้นที่ 2 โดยนำน้ำมันเหลวจากขั้นที่ 1 มาหลอมเหลวที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพื่อทำลายผลึกไขมันก่อนนำมาตกผลึก ที่อุณหภูมิ 30°C ศึกษาอัตราการทำเย็นของน้ำมัน ให้มีอัตราการกวนคงที่ 10 rpm ระยะเวลา 4 – 12 ชั่วโมง เลือกระยะเวลาดตกผลึกนาน 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งให้ปริมาณผลึกไขมันสูงที่สุด เท่ากับ $29.72 \pm 1.99\%$ โดยน้ำหนัก ในการแยกส่วนไขมันวัวในขั้นที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน

นำไขมันและน้ำมันแยกส่วนที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 และน้ำมันวัวเริ่มต้น มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ จุดหลอมเหลว (AOCS, 1999) พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันเหลวและไขมันแข็ง โดยวิธี Differential Scanning Calorimetry (DSC) (AOCS, 2009) ค่า Solid Fat Content (SFC) โดย NMR (AOCS, 2009) ค่าไอโอดีน (Cyclohexane–Acetic acid method; AOCS, 1999) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (AOCS, 1999) และองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยวิธี Gas Chromatography (Compendium of Methods for Food Analysis, 2003) ผลจากการวิจัยพบว่า ระยะเวลาในการตกผลึกมีผลต่อคุณภาพของไขมันวัวแยกส่วนทั้งไขมันแข็งและน้ำมันเหลว จุดหลอมเหลวของน้ำมันลดลง ในขณะที่จุดหลอมเหลวของไขมันเพิ่มขึ้น ค่า Solid Fat Content ของไขมันวัวแยกส่วน บ่งบอกให้ทราบว่าไขมันที่ได้จากการแยกส่วน เกิดการละลายอย่างช้าๆ ในช่วงอุณหภูมิกว้าง ในทางตรงกันข้ามน้ำมันมีการละลายได้รวดเร็วในช่วงอุณหภูมิที่แคบกว่า ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter ผลการวิจัยระบุว่าน้ำมันแยกส่วนมีค่าไอโอดีนสูงกว่าไขมันแยกส่วน เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกระจายอยู่ในส่วนของน้ำมันมากกว่าของไขมัน การตกผลึกของไขมันที่อุณหภูมิต่ำมีผลให้ค่าไอโอดีนของน้ำมันสูงขึ้น เนื่องจากการนำน้ำมันที่ผ่านการแยกส่วนที่อุณหภูมิสูงมาตกผลึกช้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า กระบวนการแยกส่วนมีผลให้น้ำมันนำมาตกผลึกช้าจึงมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมีปริมาณน้อยลง ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันเหลวแยกส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันเริ่มต้น

กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันวัว ประกอบด้วย ไมริสติก (C14:0), ไมริสโตเลอิก (C14:1), ปาล์มมิติก (C16:0), พามิโตโอเลอิก (C16:1), สเตียริก (C18:0), โอเลอิก (C18:1c), อีไลดิก (C18:1t), ลิโนเลอิก (C18:2) และลิโนเลนิก (C18:3) โดยกรดไขมันหลักของไขมันวัว คือ โอเลอิก (C18:1c) และ สเตียริก (C18:0) ในปริมาณที่สูง คือ $24.16 \pm 1.18\%$ และ $50.00 \pm 1.80\%$ ตามลำดับ กระบวนการแยกส่วนไขมันด้วยวิธีการตกผลึกสามารถเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว และมีผลให้มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลงประมาณ 8.08% โดยน้ำหนัก ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในน้ำมันเพิ่มขึ้น 6.20% โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเพิ่มขึ้น 1.88% โดยน้ำหนัก ส่วนของไขมันแข็งมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น 5.44% โดยน้ำหนัก และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวลดลง 2.23% โดยน้ำหนัก และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนลดลง 3.21% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

พฤติกรรมการณ์หลอมเหลว และค่า solid fat content ของไขมันแยกส่วนแตกต่างจากไขมันวัวเริ่มต้น พฤติกรรมการณ์หลอมเหลว แสดงด้วยค่าจุดหลอมเหลวของไขมัน พบว่า จุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลวมีค่าลดลง จาก 38.266°C เป็น 27.433 และ 24.433°C ตามลำดับ ในขณะที่ไขมันแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 38.266°C เป็น 47.433 และ 47.183°C ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่า Solid Fat Content ของไขมันแข็งเป็นการหลอมเหลวแบบช้าๆ ไปตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากน้ำมันเหลวที่เป็นการหลอมเหลวแบบเร็วอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่แตกต่างกัน โดยไขมันแข็งมีไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันหลายชนิด ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมันแข็งเกิดการละลายไม่เท่ากันในแต่ละอุณหภูมิแตกต่างจากน้ำมันเหลว ซึ่งไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันเหลวเกิดการหลอมเหลวในช่วงอุณหภูมิแคบๆ เช่น น้ำมันเหลวที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่งกลายเป็นของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 45 °C หรือ น้ำมันเหลวที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งกลายเป็นของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 40 °C แตกต่างจากน้ำมันเหลว ซึ่งหลอมเหลวในช่วงอุณหภูมิแคบๆ

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นองค์ประกอบ

นำไขมันแข็งและน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35°C มาใช้ทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนกับทอมจึงใช้ “ไขมันวัว” แทนไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35°C และใช้ “น้ำมันวัว” แทนน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35°C ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว จำนวน 7 ชนิดซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ขนมปังหวาน ชิฟฟอนไบเตย ลูกก็้วลิสง โดนัท เค้กเนย พายชั้น และหมั่นโถว ผลการวิจัยเพื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์อาหารทั้ง 7 ชนิด เมื่อใช้แบบประเมินความชอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) ผลิตภัณฑ์ขนมปังหวาน ที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด ประเมินความชอบขนมปังหวาน ด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ และการยอมรับโดยรวมของขนมปังหวาน ผู้บริโภคพึงพอใจขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% และไม่แตกต่างจากขนมปังหวานที่ใช้เนยสด 100% จึงสามารถนำเสนอการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในการผลิตขนมปังหวานได้ในปริมาณ 15% ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนไบเตย ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช ประเมินความชอบชิฟฟอนไบเตยด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของชิฟฟอนไบเตย ผู้ทดสอบพึงพอใจต่อคุณลักษณะทุกด้านของชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ไม่แตกต่างจากชิฟฟอนไบเตยที่ใช้น้ำมันพืช ผู้ทดสอบพึงพอใจสีของชิฟฟอนไบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช มากกว่าสีของชิฟฟอนที่ใช้น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์ลูกก็้วลิสง ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด ผ่านการทดสอบความชอบด้านสี

กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของลูกกั้วลิสง ผู้ทดสอบพึงพอใจต่อลูกกั้วลิสงที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50 – 100% ไม่แตกต่างกัน และไม่แตกต่างจากลูกกั้วที่ใช้เนยสด 100% สามารถนำเสนอที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในการผลิตลูกกั้วลิสงได้ 100% **ผลิตภัณฑ์โดนัท** ที่ทอดในน้ำมันปาล์มเปรียบเทียบกับเมื่อทอดแทนด้วยน้ำมันวัว ทดสอบความชอบของโดนัทด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของโดนัท ผู้ทดสอบพึงพอใจโดนัทที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัว 0 – 50% ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น คือ ที่ 75 – 100% ผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมที่ต่ำกว่าที่ระดับการทดแทน 0 – 50% สามารถนำเสนอการใช้ไขมันวัวทดแทนน้ำมันปาล์มในการทอดโดนัทได้ 50% **ผลิตภัณฑ์เค้กเนย** ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด เมื่อนำมาทดสอบความชอบของเค้กเนยด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ขอบผิวเค้ก ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ และการยอมรับโดยรวมของเค้กเนย ผู้ทดสอบพึงพอใจเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ไม่แตกต่างจากเค้กเนยที่ใช้เนยสด สามารถนำเสนอให้ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในเค้กเนยได้ 100% **ผลิตภัณฑ์พายชั้น** ไขมันที่ใช้ในการผลิตพายชั้นมี 2 ชนิด คือ เนยสดที่ใช้ในการเตรียมโด และเพสตรี้มารีรินที่ใช้ในการคลึงโด โดยในขั้นตอนแรกทำการศึกษาการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดแล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพายชั้นด้านสีเปลือกพาย รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมของพายชั้น ผู้ทดสอบพึงพอใจพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% มากกว่าพายชั้นที่ใช้เนยสด 100% ผลการวิจัยในขั้นตอนที่สองที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มารีริน ผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพึงพอใจต่อพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มารีริน 15% ได้ไม่แตกต่างจากพายชั้นที่ใช้เพสตรี้มารีริน 100% เมื่อเพิ่มระดับการทดแทนมากขึ้นผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับพายชั้นน้อยลง สามารถนำเสนอการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด(ในขั้นตอนการเตรียมโด) ในการผลิตพายชั้นได้ 100% แต่สามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มารีริน (ในขั้นตอนการคลึงโด) ได้เพียง 15% เท่านั้น **ผลิตภัณฑ์หมั่นโถว** ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว เมื่อผ่านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู และการยอมรับโดยรวมของหมั่นโถว ผู้ทดสอบพึงพอใจหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว 100% มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ทอดในน้ำมันวัวเหลว
ที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C

มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวแยกส่วนตลอดที่ 1 ครั้งที่ 1 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านสี ความกรอบของมันฝรั่งกลิ่นรสน้ำมันวัว และความชอบโดยรวม ในขณะที่ด้านกลิ่นน้ำมันวัวคะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างจากการทอดครั้งที่ 2 ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูง

ที่สุด มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวแยกส่วนทอดที่ 3 ครั้งที่ 3 กลับมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านสี กลิ่นน้ำมันวัว ความกรอบของมันฝรั่งและความชอบโดยรวม เมื่อน้ำมันวัวแยกส่วนที่ผ่านการทอดซ้ำมากขึ้นสีของน้ำมันจะมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b) ของน้ำมันลดลง ส่วนมันฝรั่งมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นและค่าสีเหลือง (b) ลดลงเมื่อทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้งานซ้ำหลายครั้ง ค่าความหนืดของน้ำมันวัวแยกส่วนและน้ำมันวัวแยกส่วนที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิ $35 \pm 1^\circ\text{C}$

ผลการวิจัยเรื่อง **คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปร** นี้สามารถผลิตองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของไขมันวัว และการแยกส่วนน้ำมันวัว ตลอดจนแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์โดยอาศัยข้อมูลของคุณสมบัติของน้ำมันและไขมันแยกส่วนเป็นปัจจัยสำคัญ คณะวิจัยมีความเชื่อว่าเทคนิคการแยกส่วนไขมันด้วยความเย็นไม่ซับซ้อนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถเลือกใช้น้ำมันหรือไขมันแยกส่วนได้ตรงกับความต้องการกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการ สามารถจัดให้ไขมันหรือน้ำมันแยกส่วนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมอาหารในอุตสาหกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยของคณะผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวดัดแปรนี้ ได้รับความร่วมมือและการอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในส่วนของการใช้เครื่องมือ Gas Chromatography (GC) ของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

งานวิจัยในส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนนั้น คณะผู้วิจัยได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก คณาจารย์และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) สนับสนุนงบประมาณ เพื่อดำเนินโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัย

กรกฎาคม 2554

บทคัดย่อ

แยกส่วนไขมันวัวแบบสองชั้น โดยนำไขมันวัวมาแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35°C และ 25°C ตามลำดับ ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และ กายภาพของไขมันวัวแยกส่วน พบว่าอุณหภูมิ และ ระยะเวลาตกผลึกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพของน้ำมันเหลว และไขมันแข็ง การแยกส่วนมีผลให้ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวของน้ำมันเหลวลดลง ในขณะที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น 7.98% ($p \leq 0.05$) กรดไขมันหลักของน้ำมันวัว ไขมันแข็ง และน้ำมันเหลว ที่ได้จากการแยกส่วน ได้แก่ ไมริสติก (C14:0), ไมริสโตเลอิก (C14:1), ปาล์มมิติก (C16:0), พามิโตโอเลอิก (C16:1), สเตียริก (C18:0), โอเลอิก (C18:1c), อีไลดิก (C18:1t), ลิโนเลอิก (C18:2) และลิโนเลนิก (C18:3) กรดไขมันที่เด่นชัดของไขมันวัว คือ โอเลอิก (C18:1c) และ สเตียริก (C18:0) ซึ่งพบในปริมาณที่สูงถึง $24.16 \pm 0.50\%$ และ $50.00 \pm 0.39\%$ ตามลำดับ

พฤติกรรมการหลอมเหลว และค่า solid fat content ของไขมันแยกส่วนแตกต่างจากไขมันวัวเริ่มต้น โดย พฤติกรรมการหลอมเหลว แสดงด้วยค่าจุดหลอมเหลวของไขมัน พบว่า จุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลวมีค่าลดลง จาก 38.266°C เป็น 27.433 และ 24.433°C ตามลำดับ ในขณะที่จุดหลอมเหลวของไขมันแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 38.266°C เป็น 47.433 และ 47.183°C ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่า Solid Fat Content ของไขมันแข็งเป็นการหลอมเหลวแบบช้าๆ ไปตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากน้ำมันเหลวที่เป็นการหลอมเหลวแบบเร็วอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่ต่างกัน โดยไขมันแข็งมีไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบที่ต่างกันหลายชนิด ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมันแข็งเกิดการละลายไม่เท่ากันในแต่ละอุณหภูมิแตกต่างจากน้ำมันเหลว ซึ่งไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันเหลวเกิดการหลอมละลายในช่วงอุณหภูมิแคบๆ

ศึกษาการใช้ไขมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว โดยทดสอบคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า สามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในคุกกี้ถั่วลิสงและเค้กเนยได้ 100% คุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากคุกกี้ถั่วลิสงและเค้กเนยที่ใช้เนยสด 100% สามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานได้เพียง 15% เท่านั้น สามารถใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในชิฟฟอนไบเตยได้ 100% ไม่พบความแตกต่างของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโดนัทที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัว 0 – 50% ผู้ทดสอบพึงพอใจพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% มากกว่าที่ใช้เนยสด สามารถนำไขมันวัวมาทดแทนเพสตรี้มากรินไม่เกิน 15% เท่านั้น ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว 100% ได้รับความพึงพอใจมากที่สุด

ศึกษาคุณภาพมันฝรั่งทอดด้วยน้ำมันวัว (เหลว) พบว่าเมื่อทอดด้วยน้ำมันใหม่แล้ว มันฝรั่งทอดได้รับคะแนนสูงสุดจากการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านสี ความกรอบ กลิ่นรส

ของน้ำมันวัวและความชอบโดยรวม การใช้น้ำมันวัวที่ใช้ทอดมันฝรั่งมาแล้วหนึ่งครั้งในการทอดซ้ำกับมันฝรั่งใหม่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นรสน้ำมันวัวของผลิตภัณฑ์ และเมื่อใช้น้ำมันที่ใช้ทอดมันฝรั่งมาแล้วสองครั้ง เพื่อทอดมันฝรั่งใหม่กลับพบว่าคุณภาพด้านสี ความกรอบ กลิ่นรส น้ำมันวัว และความชอบโดยรวมที่ดีกว่า การใช้น้ำมันทอดซ้ำมากขึ้นมีผลให้ค่าความสว่างของน้ำมัน (L) เพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง (b) ของน้ำมันลดลง การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพด้านสีของมันฝรั่งทอดเป็นไปในทิศทางเดียวกับของน้ำมันทอด น้ำมันทอดแยกส่วนและน้ำมันแยกส่วนที่ผ่านการทอดซ้ำ มีความหนืดไม่ต่างกันที่อุณหภูมิ $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$

ABSTRACT

Multiple fractionations of tallow at crystallization temperatures of 45°C, 35°C and 30°C with a controlled agitation rate of 10 rpm were conducted. Physical and chemical properties of tallow fractionates were evaluated. Both temperature and time of tallow crystallization influenced physical and chemical properties of fractionates. Increases in concentrations of unsaturated fatty acids compositions or decreases in concentrations of saturated fatty acids by an average of 6.05% ($p \leq 0.05$) were resulted. Major fatty acid compositions of tallow and fractionates were oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), stearic acid (C18:0), palmitic acid (C16:0), palmitoleic acid (C16:1), linolenic acid (C18:3) and myristic acid (C14:0)

Melting Behavior and solid fat content of fat fractionates were different from tallow fat, melting behavior showed in term melting point found that melting point of liquid fractions were decrease from 38.266°C to 27.433 and 24.433°C respectively but in solid fractions were increase from 38.266°C to 47.433 and 47.183°C respectively. Change of solid fat content of solid fractions were slowly melting, when temperature were increase, it was different from quick melting of liquid fraction because the different of triglyceride composition. Because solid fraction had many different triglyceride composition, it does not equal melting at each temperature it different from liquid fractions that triglyceride melted at narrow period temperature.

Using tallow fat substitutes in bakery products and Chinese steamed buns, by Sensory evaluation founded that peanut cookies and better cake can used tallow fat 100% substitutes for fresh butter and sensory evaluation dose not different from peanut cookies and butter cake that used 100% fresh butter. While of sweet breads can used tallow fat limit 15% substitute for fresh butter. Pandan chiffon cake, can use tallow fat 100% substitutes for vegetable fat and not different from vegetable oil pandan chiffon cake. Sensory evaluation of doughnut fried in palm oil that substitutes by 0 - 50% tallow fat is not different but when substitute level is increase at 75-100%, panels had totally satisfy less than 0-50% substitute level. Panels were satisfied puff pastry used tallow fat 100% substitutes more than fresh butter puff pastry but tallow fat can used to substitute for pastry margarine limited 15%. Chinese steamed bun products, panels were satisfied Chinese steamed buns used tallow fat 100% substitute for shortening for the most.

Using liquid tallow for potatoes chips product, we found the potatoes had been fried in separated tallow fat, first lot and first time, had highest satisfied scores in color, crispness of tallow fat flavored potatoes chips. And totally satisfy while characteristic of tallow fat scent was

not different from second time fried which had highest satisfied scores in scent. On the other hand, the potatoes passed frying in third lot and third time separated tallow fat had highest satisfied scores in color and tallow fat scent, crispness of the potatoes and totally satisfy. When separated tallow fat was used to fry many time. Brightness value (L) of oil color was increased, and yellow value (b) was decreased, but the potatoes had increased brightness value (L), and yellow value (b) was decreased when fried in many time used oil. Viscosity value of separated tallow fat and separated tallow fat passed frying again in third time at $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ was not different.

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	VII
บทคัดย่อภาษาไทย.....	VIII
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	X
สารบัญ.....	XII
สารบัญตาราง.....	XIV
สารบัญภาพ.....	XVII
บทนำ.....	1
- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
การตรวจเอกสาร.....	3
- ไขมัน.....	3
- การแยกส่วน.....	7
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	11
- วัตถุดิบ.....	11
- วัสดุและอุปกรณ์.....	11
- วิธีการทดลอง.....	12
- ตอนที่ 1 การแยกส่วนไขมันวัวแบบหลายขั้นตอน	12
- ตอนที่ 2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นองค์ประกอบ	14
- ตอนที่ 3 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดในน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C	21
ผลการทดลองและวิจารณ์.....	24
- คุณสมบัติของน้ำมันวัว.....	24
- ผลการศึกษาเทคนิคการแยกส่วนไขมันวัวด้วยอุณหภูมิต่ำ.....	25
- ผลการศึกษาสีกายขององค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน	32
- ผลการศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นองค์ประกอบ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
- ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์.....	42
- ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด	42
- ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว	58
- ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดและเพสตรี้มารีนา	61
- ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์	67
- ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช	67
- ผลการศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ทอดในน้ำมันเหลืองที่ได้จาก การแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C	76
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	88
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	93
- ภาคผนวก ก	91
- ภาคผนวก ข	95
- ภาคผนวก ค	100
- ภาคผนวก ง	107
- ภาคผนวก จ	123

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซาก	24
2	คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ของไขมันที่ได้จากการแยกส่วนไขมันวัว ในขั้นที่ 1 ที่อุณหภูมิตกผลึก 35 °C	32
3	คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ของไขมันที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัว ในขั้นที่ 2 ที่อุณหภูมิตกผลึก 25 °C	34
4	กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันวัวแยกส่วน.....	37
5	Solid Fat Content (SFC) ของน้ำมันวัวและไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C	38
6	พฤติกรรมกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันวัว และไขมันวัวแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C	40
7	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวาน 3 สูตร	43
8	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	44
9	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 0 – 45%	45
10	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	46
11	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C	47
12	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (-18°C)	48
13	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อคุกกี้ถั่วลิสง 3 สูตร.	49
14	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อคุกกี้ถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	50
15	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อคุกกี้ถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50 – 100%	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนย 3 สูตร	52
17	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	53
18	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	55
19	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C	56
20	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C)	57
21	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมั่นโถว 4 สูตร ...	58
22	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของหมั่นโถวที่ใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อกัน	59
23	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมั่นโถวที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	60
24	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	61
25	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีนในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ	62
26	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีน 0 – 45%	63
27	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	64
28	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C	65
29	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C)	66
30	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตย 3 สูตร	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
31	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่มีใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ 68
32	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 69
33	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่ใช้ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C 70
34	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่ใช้ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) 71
35	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัท 3 สูตร 72
36	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมัน 5 ชนิด 73
37	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวในระดับที่แตกต่างกัน 74
38	ค่าไอโอดีนของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง 76
39	ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง 77
40	ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง 78
41	แสดงผลการวิเคราะห์ความคงสภาพของน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำตลอดที่ 3 ด้วยเครื่อง Rancimat 79
42	ค่าสีของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่งตลอด ที่ 1 และตลอดที่ 3 82
43	ค่าความหนืดระหว่างน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3 83
44	ค่าสีของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้น้ำมันวัวในการทอด 84
45	การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันวัวทอดซ้ำ 86

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ผังแสดงการแยกส่วนไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ	8
2	วัตถุดิบไขมันวัวจากการตัดแต่งซาก	12
3	ไขมันวัวหลังการแยกสิ่งปนเปื้อน	12
4	เจียน้ำมันที่อุณหภูมิ 110°C	13
5	น้ำมันที่เจียวได้	13
6	อุณหภูมิระหว่างการทำเย็นน้ำมันวัวเพื่อตกผลึกไขมันที่อุณหภูมิ 35°C ด้วยอัตราการ กวน 10 rpm ระยะเวลา 0 - 200 นาที	26
7	ปริมาณไขมันแข็งที่ได้จากการตกผลึกน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C นาน 0 - 11 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm	27
8	ลักษณะของน้ำมันวัวที่อุณหภูมิการตกผลึกที่ 35°C ที่ ระยะเวลา 0 - 11 ชั่วโมง อัตรา การกวน 10 rpm	28
9	อุณหภูมิระหว่างการทำเย็นน้ำมันวัวเพื่อตกผลึกไขมันที่อุณหภูมิ 25°C อัตราการกวน 10 rpm ที่เวลา 0 - 200 นาที	29
10	ปริมาณไขมันแข็งที่ได้จากการตกผลึกน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 25°C นาน 4 - 12 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm.....	30
11	ลักษณะของน้ำมันวัวที่อุณหภูมิการตก ผลึกที่ 25°C ที่ ระยะเวลา 4 - 12 ชั่วโมง อัตรา การกวน 10 rpm	31
12	กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันวัวเริ่มต้น น้ำมันเหลวและไขมันแข็งที่ได้จาก การแยกส่วนแบบ 2 ชั้น ที่อุณหภูมิตกผลึก 35 และ 25°C.....	36
13	การเปลี่ยนแปลงของค่า Solid fat content ของน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C ที่อุณหภูมิต่างๆ	39
14	พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันวัวและไขมันวัวแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C	41
15	ขนมปังหวานสูตรที่ 2	43
16	ขนมปังหวานที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องนาน 5 วัน	46
17	ลูกกึ่งถั่วลิสงที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด	51
18	เค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด (A 0 %, B 50% และ C 100%)	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
19	พายชั้นที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (-18°C) นาน 4 สัปดาห์	66
20	ชิฟฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันว้าว	69
21	โดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันว้าวทดแทนน้ำมันปาล์ม	75
22	ผลการวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันว้าวทอดที่ 1	80
23	ผลการวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันว้าวทอดที่ 3	81
24	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันว้าวทอดซ้ำ จากน้ำมันว้าวที่สกัดได้ในรอบที่ 1	86
25	คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันว้าวทอดซ้ำ จากน้ำมันว้าวที่สกัดได้ในรอบที่ 2	87
ก 1	ชุดเครื่องแยกส่วนไขมัน	94
ก 2	ถังสแตนเลส 2 ชั้น สำหรับตกผลึกความจุ 6.5 ลิตร และใบกวนสแตนเลสรูปตัวยู	94
ข1	กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน (C10:0, C12:0, C14:0 และ C14:1)	96
ข2	กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน (C15:0, C16:0, C16:1 และ C17:0)	97
ข3	กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน (C18:0, C18:1t, C18:1c และ C18:2t)	98
ข4	กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน (C18:2c, C18:3 และ C20:1)	99
ค1	โครมาโตแกรมองค์ประกอบกรดไขมันของกรดไขมันมาตรฐาน	101
ค2	โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันว้าวเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแยกส่วน	102
ค3	โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (LF35)	103
ค4	โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (SF35)	104
ค5	โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C (LF25)	105
ค6	โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C (SF25)	106

บทนำ

ไขมันและน้ำมัน นำมาใช้ในการปรุงอาหาร ผลิตเป็นเครื่องสำอางค์ ยา สามารถเลือกใช้ไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนผสมหลักของผลิตภัณฑ์ หรือใช้เป็นตัวกลางสำหรับอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กๆ ในยาและเครื่องสำอางค์ได้ (Gunstone and Padley, 1997) คุณสมบัติของไขมันและน้ำมันช่วยให้เกิดความท้าทายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เช่น พฤติกรรมการตกผลึกของไขมันสามารถนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ชอคโกแลต มาการีน ชอคเทนนิ่ง และ วิปปิ้งครีม ไขมันธรรมชาติจากพืชและสัตว์ประกอบด้วยโมเลกุลที่มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกัน นักวิชาการต่างเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีการแยกส่วน (fractionation technology) เพื่อแยกไขมันจุดหลอมเหลวสูงออกจากไขมันจุดหลอมเหลวต่ำ ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เป็นต้นว่า การผลิตไขมันจุดหลอมเหลวสูงโดยวิธีแยกส่วน แทนการใช้กระบวนการไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation) ซึ่งมีรายงานว่ากระบวนการเคมีนี้ที่ผลิตกรดไขมันทรานส์ (trans – fatty acids) เป็นผลพลอยได้นอกจากนี้วิธีการแยกส่วนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ไขมันที่มีคุณลักษณะเชิงหน้าที่ (functionality) ที่ดีกว่าไขมันธรรมชาติ

ไขมันวัว (tallow fat) เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีคุณลักษณะของพลาสติก (plasticity) ที่ดีสำหรับผลิตชอคเทนนิ่ง (Timms, 1979) ชอคเทนนิ่งที่ผลิตจากไขมันวัวมีกลิ่นหอมเป็นเวลานานจึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในขนมอบ (Jin *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังใช้ไขมันวัวเพื่อทอดอาหารได้ดี นอกเหนือจากกลิ่น-รสที่ดี น้ำมันวัวยังมีความเสถียรต่อออกซิเดชัน ทำให้เห็นความได้เปรียบของไขมันวัวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชที่ไม่ให้กลิ่นรสและความเสถียรต่อออกซิเดชันดีกว่าไขมันวัว การพัฒนาการใช้ประโยชน์น้ำมันวัวให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ไขมัน และมีคุณลักษณะจำเพาะต่อการใช้ประโยชน์จำเป็นต้องอาศัยงานวิจัยเพื่อสร้างมูลค่าให้แก่ไขมันวัวในอุตสาหกรรมได้อย่างแท้จริง

งานวิจัยเพื่อการใช้ประโยชน์ของน้ำมันด้วยกระบวนการแยกส่วนหลายชิ้น เช่น Dimick *et al.* (1996) นำไขมันนม (anhydrous milk fat) มาแยกส่วนโดยไขมันแยกส่วนจุดหลอมเหลวสูงมีความเหมาะสมต่อการนำไปผลิตขนมอบ และ ชอคโกแลต ไขมันจุดหลอมเหลวปานกลางเหมาะสมกับการผลิตขนมขบเคี้ยวเคลือบชอคโกแลต ส่วนไขมันจุดหลอมเหลวต่ำสามารถทดแทนไขมันนมธรรมชาติ ขณะที่ Chiu *et al.* (2002) แยกส่วนไขมันไก่เพื่อนำไขมันแข็งไปใช้ผลิตมาการีน ขนมอบ และซูปก้อน ส่วนไขมันไก่ชนิดเหลวนำไปใช้ทอดอาหาร กระแสความนิยมบริโภคอาหารนมไขมันต่ำมีอิทธิพลทำให้มีงานวิจัยการใช้ประโยชน์จากไขมันนมมากขึ้น เช่น Keylegian and Linsay (1994) แยกส่วน

ไขมันนมและสามารถใช้ไขมันแยกส่วนจุดหลอมเหลวต่ำเพื่อผลิตบิสกิต และทอดอาหารได้ดี และนำไขมันแยกส่วนจุดหลอมเหลวสูงนำไปทดแทนเนยโกโก้ (butter cocoa)

ประเทศไทยมีปริมาณการผลิตเนื้อสัตว์เพื่อบริโภคและแปรรูปเพื่อส่งออกมาขึ้นเรื่อยๆ และส่งผลให้มีความต้องการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าจากส่วนที่เหลือจากกระบวนการคัดแต่งซากสัตว์ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยงานวิจัยเพื่อสามารถตอบโจทย์ทางอุตสาหกรรมเกษตรได้ ยกตัวอย่าง เช่น สลิมา และ วรรณา (2549) แยกส่วนน้ำมันไก่และทราบความแตกต่างขององค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิหลายระดับ Pandolsook *et al.* (2009) แยกส่วนน้ำมันหมูและใช้ประโยชน์น้ำมันที่แยกส่วนจากอุณหภูมิ 40°C ทดแทนไขมันแข็งในผลิตภัณฑ์เฟรนช์เฟอเตอร์และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทั่วไป นอกจากนี้ พัชรา และ วรรณา (2552) ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการคัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมยุโรปและบราห์มัน และใช้ประโยชน์จากไขมันและน้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการคัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมยุโรปที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับการใช้น้ำมันรำข้าว ทดแทนการใช้มันหมูแข็งในการผลิตผลิตภัณฑ์มีทโลฟ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันหมูแข็ง

ปัจจุบันยังไม่พบรายงานวิจัยเรื่องการใช้ประโยชน์จากไขมันวัวแยกส่วนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ แนวคิดที่จะนำน้ำมันแยกส่วนจากไขมันวัวมาทดแทนไขมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเบเกอรี่ เพื่อสามารถปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการ และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ จึงเป็นแนวทางใหม่เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารนวัตกรรมเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการแยกส่วนไขมันวัวที่อุณหภูมิต่ำ 2 ระดับอุณหภูมิ ระหว่าง 40-10°C
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายด์ที่ทอดในน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นส่วนผสม

การตรวจเอกสาร

ไขมัน

ไขมัน คือ ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์ (ester) ระหว่างกลีเซอรอล (glycerol) 1 โมล กับ กรดไขมัน (fatty acid) 3 โมล ไขมันพืชที่ได้รับ ความนิยมใช้เป็นอาหาร ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่ว และน้ำมันรำ ส่วนไขมันสัตว์ที่ใช้ใน อาหาร ได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันวัว ไขมันปลา และ เนย ไขมันในอาหารจึงเป็นแหล่งของกรดไขมัน จำเป็น และวิตามินที่ละลายในไขมัน รวมทั้งเป็นแหล่งพลังงานให้ร่างกาย

ไขมันบริโภคคุณภาพไม่ควรพบเอนไซม์ไลเปส (lipase) เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้สามารถ ไฮโดรไลซ์ไขมันให้แตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ และกลีเซอรอล ไขมันคุณภาพดีต้องมีกรดไขมัน อิสระไม่เกิน 0.5% ในรูปของกรดโอเลอิก ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดกรดไขมันอิสระได้โดยสกัด น้ำมัน/ไขมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันให้เร็วที่สุด และใช้อุณหภูมิของการสกัดสูงกว่า 60°C เพื่อ สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป หรือใช้เวลาในการสกัด นานเกินไปน้ำมันที่สกัดมีสีดำคล้ำ มีกลิ่นเหม็น และทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมากขึ้น

องค์ประกอบของไขมัน

ไขมันมีองค์ประกอบคล้ายกับคาร์โบไฮเดรต คือประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยมีปริมาณธาตุออกซิเจนน้อยกว่ามาก แต่มีคาร์บอน และไฮโดรเจนมากกว่า

1. องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันพืช ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืช ได้แก่ โอเลอิกและไลโนลิก ทำให้น้ำมันพืชมีคุณค่าทาง โภชนาการสูง เนื่องจากกรดไลโนลิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งร่างกาย มนุษย์สร้างขึ้นเองไม่ได้ แต่ขาดไม่ได้

2. องค์ประกอบของไขมันสัตว์จากสัตว์ต่างชนิดกันจะมีปริมาณของกรดไขมันไม่เท่ากัน ในน้ำมันหมู และไขมันวัวมีส่วนประกอบของกรดไขมันที่คล้ายคลึงกันมาก ทั้งชนิดและปริมาณ ไขมันจากสัตว์ทั่วไปจะประกอบด้วย กรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันหมู และ ไขมันวัวจะมีกรดไขมันอิ่มตัว เช่น ปาล์มมิติก (Palmitic) และสเตียริก (Stearic) กรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดโอเลอิก (Oleic) และไลโนลิก (linoleic) กรดไขมันที่มีเฉพาะในเนย ได้แก่ บิวทีริก (Butyric) คาโปรอิก (Caproic) คาปริลิก (Caprylic) คาปริก (Capric) ลอริก (Lauric) อาราคิติก (Arachidic) และไลโนลินิก (Linolenic)

ไขมันและน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

ไขมันและน้ำมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ สามารถใช้ไขมันสัตว์หรือไขมันพืช ยกตัวอย่างที่เป็นไขมันจากสัตว์ ได้แก่ เนยสด และไขมันจากพืช ได้แก่ เนยเทียม หรือ เนยขาว ที่ผลิตจากน้ำมันพืช

1. ไขมันจากสัตว์

เนยสด (Butter) ได้จากส่วนของครีมในน้ำนมวัว โดยนำมาตั้งทิ้งไว้ให้ไขมันลอยหน้า แล้วแยกส่วนของไขมันนำมาปั่นให้รวมตัวกันเป็นก้อน จากนั้นนำส่วนของน้ำทิ้งไป แล้วนำส่วนที่เหลือมาวนวดให้เข้ากัน ในเนยจะมีไขมันไม่ต่ำกว่า 80% มีของเหลวประมาณ 15% น้ำตาลแลคโตส 0.5% มีสีเหลือง กลิ่นหอม มักจะเหลวหรืออ่อนตัวเมื่อวางไว้ในอุณหภูมิห้อง แต่มีราคาค่อนข้างสูง มีคุณสมบัติการตีเป็นครีมไม่ได้ ขึ้นฟูยากเพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำ และขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นเค้กที่ทำจากเนยสดล้วนมีปริมาตรต่ำ เนื้อค่อนข้างแน่นและหยาบ แต่มีรสชาติดี หอมหวานน่ารับประทาน เนยสดมี 2 ชนิด คือ ชนิดจืด (Unsalted butter) และ ชนิดเค็ม (Salted butter) เนยสดมักจะทำเป็นก้อนสี่เหลี่ยม มีหลายขนาดแต่ขนาดมาตรฐานหนักก้อนละ 227 กรัม หรือเท่ากับ 1 ถ้วยตวง การเก็บเนยสดที่เหลือใช้ จะต้องห่อเก็บใส่กล่องปิดฝา แช่ในตู้เย็นช่องสำหรับเก็บเนย

2. ไขมันจากพืช

มาการีน หรือ เนยเทียม (Margarine) ได้จากน้ำมันพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดฝ้าย มีส่วนประกอบของไขมันประมาณ 80-85% จึงเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง นำมาปรุงแต่งด้วยสี เพิ่มกลิ่น และรสลงไปเพื่อให้คล้ายกับเนยสด ดังนั้นมาการีนจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า “เนยเทียม” มาการีนดีให้ขึ้นฟูได้ดีกว่าเนยสด มาการีนมี 4 ชนิด คือ

1. มาการีนสำหรับผลิตเค้ก ลูกก็ หรือเอแคลร์ มีคุณสมบัติในการตีขึ้นฟูได้ดีได้เนื้อขนมมาก และฟูเบา
2. มาการีนสำหรับผลิตครีม มีคุณสมบัติในการตีขึ้นฟูได้ดี มีจุดละลายสูงเมื่อได้เนื้อครีม ละเอียดละลายในปากได้ดีด้วย
3. มาการีนสำหรับผลิตพายชั้นเดนิช เพสตรีและครัวซองต์ เป็นมาการีนที่มีจุดหลอมเหลวสูง มีคุณสมบัติที่เรียกว่า plasticity คือ มีความเหนียวรีดคลึงได้ง่าย
4. มาการีนชนิดอ่อน มาการีนชนิดนี้ปกติมักจะเก็บไว้ในตู้เย็น เพราะมีจุดหลอมเหลวต่ำ จะละลายเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง มีความอ่อนตัวสามารถตักทาบนขนมปังได้ มีกลิ่นและสีคล้ายเนยสด

เนยขาว (Hydrogenated Fat หรือ Shortening) ทำจากน้ำมันพืชบริสุทธิ์ปราศจากกลิ่น เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันข้าวโพด โดยนำไปผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน ซึ่งเป็นกระบวนการเติมไฮโดรเจนให้กับไขมัน ทำให้ไขมันที่ได้มีความอึดตัวมากขึ้น ไม่มีการเติมกลิ่นสี

ใด ๆ เนยขาวจึงเป็นไขมันล้วน ๆ 100% ไม่มีส่วนผสมของของเหลวเลยมีคุณสมบัติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ใช้ทำขนมอบ เช่น เค้ก คุกกี้ โดยเฉพาะขนมพาย ช่วยให้ขนมมีปริมาณมาก นุ่มหรืออร่อยขึ้น มักใช้ในการทาถาดหรือพิมพ์ขนม เพื่อไม่ให้ติดพิมพ์ หรือใช้ในการตีครีมที่ใช้ในการแต่งหน้าเค้ก เนยขาวมี 3 ชนิด คือ

1. เนยขาวสำหรับทำครีม มีคุณสมบัติเด่นในการตีให้ขึ้นฟูได้เร็ว ได้ครีมที่ฟูเบาละลายในปากได้ดีมีสีขาวกว่าและไม่มีกลิ่นรสของสารแปลกปลอม
2. เนยขาวสำหรับทำขนมปัง บิสกิต มีคุณสมบัติในการผสมเข้ากับก้อนแป้งได้ง่าย ไม่มีกลิ่นและรสชาติแปลกปลอม
3. เนยขาวสำหรับทอดแบบน้ำมันท่วม เนยขาวแบบนี้จะมีจุดเกิดควันสูง มีอายุในการใช้งานยาวนานกว่าน้ำมันพืชทั่วไป น้ำมันสามารถทอดได้หลายครั้งโดยไม่ดำ และเมื่อทอดอาหารแล้วอาหารที่ได้จะไม่อมน้ำมัน เนื่องจากขอรัดเทนนิ่งมีคุณสมบัติเด่นคือ เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นของที่ทอดแล้วเมื่อเย็นลงจะดูแข็งไม่เยิ้มน้ำมัน

ไขมันผสมหรือมาร์การีน (Compound lard) ทำจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่นำมาผสมกับนมหรือครีมมาร์การีน ส่วนใหญ่จะทำมาจากน้ำมันพืชเช่นน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น มาร์การีนมีส่วนประกอบของไขมันร้อยละ 80-85 ประจุแต่งด้วยสีธรรมชาติที่เป็นวิตามินและกลิ่นรสเพื่อให้เหมือนเนยสด โดยมีการปรุงแต่งรสชาติและกลิ่นให้ใกล้เคียงกับเนยสดมากที่สุด มาร์การีนมีคุณสมบัติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง 38-40 องศาเซลเซียส ทำให้ตีขึ้นฟูได้ดี ถ้านำมาทำเค้ก จะได้เนื้อเค้กที่เบา นุ่มและชุ่มนานกว่าเนื้อเค้กที่ทำจากเนยสดล้วน ๆ เนื่องจากในมาร์การีนจะมีสารอีมีลซิไฟเออร์ซึ่งทำให้น้ำและไขมันเข้ากันได้ดี ทำให้โมเลกุลของน้ำอยู่ในเนื้อเค้กได้นานขึ้น

น้ำมันพืช (Vegetable oil) เป็นน้ำมันที่ได้มาจากเมล็ดแห้งของพืชที่ให้น้ำมัน เช่น ปาล์ม ถั่วเหลือง ข้าวโพด ฝ้าย โดยนำมาผ่านกระบวนการเพื่อให้ได้น้ำมันบริสุทธิ์ นำเอสีและสิ่งแปลกปลอมเจือปนออกไป สีของน้ำมันขึ้นกับพืชที่นำมาใช้สกัด โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และมีปริมาณไขมัน 100%

หน้าที่ของไขมันต่อผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น

1. สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ เช่น ขนมปัง ไขมันจะทำหน้าที่ให้ความอ่อนนุ่ม และกลิ่นรส ช่วยกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น ป้องกันอากาศภายนอก ช่วยหล่อลื่นกลูเตน ทำให้เพิ่มปริมาตร
2. สำหรับคุกกี้ และแป้งพาย ไขมันจะช่วยให้ลักษณะโครงสร้างที่เฉพาะ
3. สำหรับเค้ก ไขมันจะเป็นตัวจับอากาศระหว่างการตีครีมกับน้ำตาล อิมัลซิไฟเออร์ในไขมันจะช่วยทำให้น้ำและไขมันในส่วนผสมรวมตัวกันได้ดี ช่วยให้เกิดกลิ่นรสและความนุ่ม และยังช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น

คุณสมบัติของไขมัน และน้ำมัน

ไขมัน และน้ำมันมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติแตกต่างกันทั้งทางกายภาพ และทางเคมี

1. จุดหลอมเหลว (Melting point) หมายถึง อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันและน้ำมันเปลี่ยนสภาพ จากของแข็งเป็นของเหลว จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของ กรดไขมัน กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมมาก จะมีจุดหลอมเหลวสูงแต่กรดไขมันที่มี คาร์บอนจับกันด้วยพันธะคู่จะมีจุดหลอมเหลวต่ำ ไขมันจากสัตว์นั้นจะมีกรดไขมันที่มีจำนวน คาร์บอนอะตอมมากทำให้ไขมันวัวและไขมันหมูมีจุดหลอมเหลวสูง จึงมีสภาพเป็นของแข็ง ณ อุณหภูมิ 20°C ส่วนน้ำมันจากพืชจะมีกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมจับกันด้วยพันธะคู่ทำให้จุด หลอมเหลวต่ำ น้ำมันพืชจึงมีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

2. จุดเกิดควัน (Smoking point) เมื่อน้ำมันได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิหนึ่งความร้อนจะทำให้ น้ำมันสลายตัวกลายเป็นควันลอยขึ้นมา เรียกอุณหภูมิที่ทำให้เกิดควันขึ้นนี้ว่า จุดเกิดควัน เนื่องจากส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน จึงทำให้น้ำมันมีจุดเกิดควันไม่ เท่ากัน

การใช้ประโยชน์จากไขมันและน้ำมัน

ไขมัน และน้ำมันนอกจากให้คุณค่าอาหารด้านพลังงานสูงแล้วยังให้ประโยชน์ในการ ประกอบอาหารอีกด้วย ได้แก่

1. ทำให้อาหารมีรสชาติดีขึ้น ไขมันและน้ำมันมีส่วนทำให้อาหารมีรสชาติดีขึ้นจึงนิยมใช้น้ำมันช่วยในการประกอบอาหาร แต่เดิมคนไทยและคนจีนนิยมใช้น้ำมันหมูเพราะมีกลิ่นหอมแรง จึงนิยมใช้น้ำมันกระเทียมเจียว ผักต้มจะไม่มีกลิ่นหอม นำมารับประทานเท่ากับผัดผัดน้ำมันร้อนๆ ชาวอินเดียนิยมใช้นมเนยในการประกอบอาหาร ชาวตะวันตกจะใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร ทำให้อาหารมีกลิ่นรสที่น่ารับประทาน

2. เป็นสื่อนำความร้อนในการประกอบอาหารการใช้น้ำมันเป็นสื่อในการนำความร้อน โดยวิธีการทอดมีข้อดีคือ ให้ความร้อนได้สูงอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดจะสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำ เดือด (100°C) อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดจะสูงมากคือ ระหว่าง 177 - 201°C

3. ทำให้อาหารมีความนุ่มน่ารับประทานอาหารที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อแข็ง หรืออาหาร ประเภทเนื้อล้วนๆ จะมีลักษณะแข็งเมื่อรับประทานจะรู้สึกไม่นุ่ม และฝืดคอ แต่ถ้ามีไขมันและ น้ำมันอยู่ด้วยจะทำให้อาหารนั้น มีความนุ่ม และน่ารับประทาน เช่นการใช้เนยเหลวในการทำขนม เค้ก

การแยกส่วน (Fractionation)

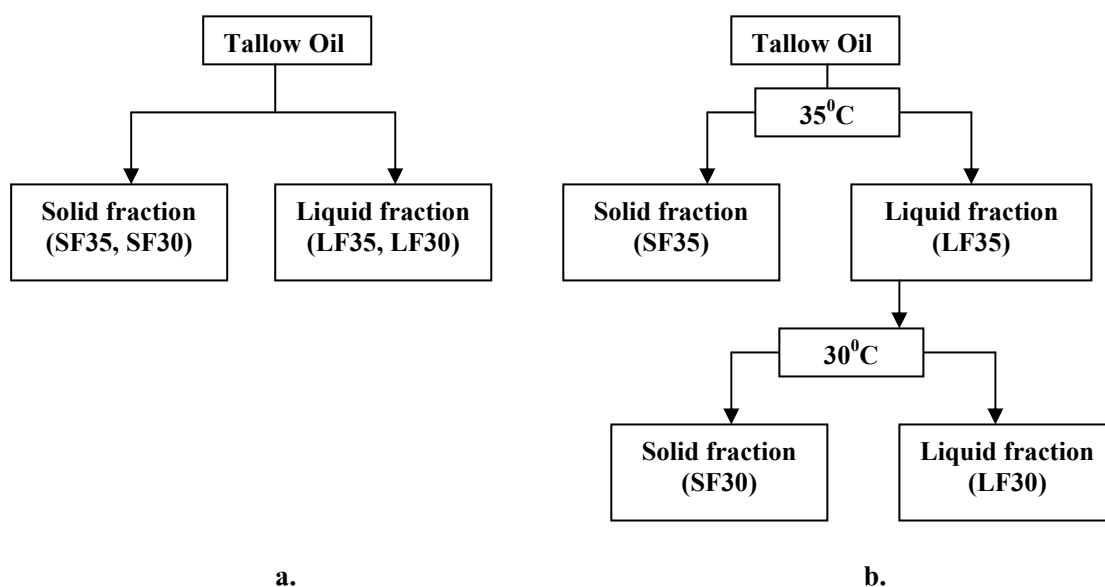
การแยกส่วนเป็นกรรมวิธีการดัดแปรไขมัน เพื่อให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ (Rajah and Moran, 1994)

การตกผลึกไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (dry fractionation) เป็นวิธีการแยกส่วนไขมันที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภค เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยน้ำมันต่ำที่สุด กรรมวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน และเป็นวิธีที่ใช้กันมานาน (Hamm, 1995; Kaylegian and Lindsay, 1994; สุมาลย์ และคณะ, 2532; Bussey et al., 1981) การตกผลึกด้วยอุณหภูมิต่ำอาศัยเทคนิคการหลอมเหลว และให้ความเย็นกับไขมันเพื่อให้เกิดการตกผลึก ก่อนแยกส่วนไขมันแข็ง และน้ำมันเหลวออกจากกัน ไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันประกอบไปด้วยกรดไขมันหลายชนิด เช่น กรดไขมันชนิดอิ่มตัว และชนิดไม่อิ่มตัว กรดไขมันที่มีสายโซ่ยาว และสายโซ่สั้น ทำให้น้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพ แตกต่างกัน ไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงตกผลึกเป็นของแข็งก่อน เรียกส่วนนี้ว่า สเตอริน (stearins) และไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ ตกผลึกภายหลัง และส่วนของเหลวที่ได้หลังจากการแยกผลึก เรียกว่า โอเลอิน (oleins) การแยกส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำสามารถทำได้หลายครั้ง มีผลให้น้ำมันและไขมันแยกส่วนมีคุณภาพแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น ไขมันและน้ำมันแยกส่วนที่ได้แต่ละส่วนจะมีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ที่เหมาะสมนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ของการแยกส่วนไขมันเพื่อแยกองค์ประกอบที่มีจุดหลอมเหลวสูงออกเพื่อดัดแปรไขมัน และน้ำมันให้มีไตรกลีเซอไรด์ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้นได้ไขมันที่มีการหลอมเหลวในช่วงที่แคบ มีความคงตัวต่ออุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์อื่นๆ มากขึ้น การแยกส่วนน้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้วสองขั้นตอน จะได้ซูเปอร์โอเลอิน (superolein) ที่เก็บได้นานกว่า 200 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C (Hamm, 1995; Deffense, 1985) สุมาลย์ และคณะ (2532) ศึกษาสถานะการตกผลึก และกรองที่เหมาะสมเพื่อแยกส่วนน้ำมันปาล์ม Dimick *et al.* (1996) แยกส่วนไขมันนมปราศจากไขมัน (anhydrous milk fat) แบบสองขั้นตอน ได้ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูง (high melting) และเหมาะกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบ และซ็อกโกแลต ไขมันที่มีจุดหลอมเหลว ปานกลาง (middle melting) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว เคลือบซ็อกโกแลต และเติมในน้ำมันเพื่อให้เกิดกลิ่นเนย และไขมันจุดหลอมเหลวต่ำที่นำไปใช้ทดแทนไขมันนม คณะวิจัย Chiu *et al.* (2002) แยกส่วนไขมันไก่ที่อุณหภูมิ 10°C เพื่อนำผลึกไขมันไปใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบ เช่น มาการิน (สำหรับพัฟ puff-pastry) ซูพแห้งชนิดก้อน และนำส่วนของน้ำมันมาใช้สำหรับทอด สลัด และวอร์น (2006) ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของไขมันไก่ที่ได้จากแยกส่วนแบบหลายชั้น

ประเภทของการแยกส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่ำ

1. การแยกส่วนขั้นตอนเดียว (Single-step fractionation) เป็นการแยกส่วนน้ำมันเพียงหนึ่งขั้นตอนได้ไขมัน และน้ำมัน รวม 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 a สามารถนำส่วนของไขมันแข็ง (solid fat) ซึ่งเรียกว่า สเตียร์น สามารถนำไปใช้ผลิตน้ำมันสำหรับทอด และเนยขาว สำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่นพาย บิสกิต และขนมปัง เป็นต้น ส่วนของน้ำมัน (liquid fat) หรือ โอเลอิน สามารถนำมาใช้ผลิต มาการีน ชอร์ตเทนนิ่ง ใช้แทนเนยโกโก้ (cocoa butter) และผลิตฟิล์มที่ทานได้ (Chiu *et al.*, 2002; Jeyarani and Reddy, 2001; Yang *et al.*, 1992; Bussey *et al.*, 1981)

2. การแยกส่วนหลายขั้นตอน (Multiple-step fractionation) เป็นการแยกส่วนน้ำมันที่ใช้อุณหภูมิสูงในขั้นตอนแรก เมื่อได้ไขมันและน้ำมันแยกส่วนแล้วจึงนำน้ำมันแยกส่วนมาทำการแยกซ้ำ (refractionation) โดยใช้ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าครั้งแรก จะทำให้ได้น้ำมัน และไขมันหลายส่วนภายในหนึ่งกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 b ไขมันแข็งที่แยกได้จากการแยกแบบหลายขั้นมีคุณสมบัติทางกายภาพ แตกต่างกันมาก วิธีนี้ยังทำให้ส่วนของไขมันแข็งมีน้ำมันปนอยู่น้อยกว่าการใช้วิธีการแยกแบบขั้นตอนเดียวที่อุณหภูมิศึกษาเดียวกัน นอกจากนี้ผลึกของไขมันที่แยกได้มีขนาดเล็กลงเมื่อผ่านกระบวนการแยกซ้ำ (Kaylegian and Lindsay, 1994) Rolland and Riel (1996) แยกส่วนไขมันแบบหลายขั้น โดยนำส่วนไขมันแข็งมาแยกส่วนอีกครั้ง การที่นำส่วนไขมันแข็งมาแยกส่วนซ้ำด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น หรือตกผลึกซ้ำที่อุณหภูมิเดิม ทำให้ไขมันแยกส่วนห่อหุ้มเลวสูงขึ้น และได้ไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวที่ค่อนข้างแน่นอนมากขึ้น



รูปที่ 1 ฟังแสดงการแยกส่วนไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ a. การแยกส่วนแบบขั้นเดียว และ b.การแยกส่วนแบบหลายขั้น

ที่มา: Fatouh *et al.* (2003)

หลักการสำคัญ 2 ขั้นตอน ในกระบวนการแยกส่วนไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ คือ การตกผลึก (crystallization) และการแยกผลึก (separation)

1. การตกผลึก เป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะของน้ำมันจากของเหลวให้เป็นผลึก กระบวนการนี้ประกอบด้วย การก่อผลึก (nucleation) และการเจริญของผลึก (growth) ไขมันแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวแตกต่างกันขึ้นกับชนิด และปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่บ่งบอกถึงช่วงของอุณหภูมิหลอมเหลว ปัจจัยที่มีผลต่อการตกผลึกไขมัน ได้แก่ องค์ประกอบของน้ำมัน การตกผลึกร่วม การใช้ผลึกหล่อ อัตราการทำเย็น อัตราการกวน ระยะเวลา และอุณหภูมิ (O'Shea *et al.*; 2000; Breitschuh and Windhab, 1998; Breeding and Marshall, 1995; Feng and Chin, 1995; Kaylegian and Linsay, 1994; Deffense, 1993)

การก่อผลึกเป็นขั้นตอนของการเกิดนิวเคลียสขนาดเล็กๆ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของไขมัน และนิวเคลียสพัฒนาเป็นผลึก ไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงจะตกผลึกก่อน ผลึกของไตรกลีเซอไรด์จัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างตาข่าย (lattice structure) มีพันธะเชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุลได้เป็นโครงสร้างหลายแบบของผลึก (polymorphism) หากผลึกเชื่อมต่อกันด้วยแรงวันเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) โมเลกุลผลึกจัดเรียงตัวแบบหลวมๆ พบลักษณะผลึกแบบนี้ในเนยขาว และมาการีน ถ้าผลึกเชื่อมต่อกันด้วยแรงไอออนิก (Ionic force) การจัดตัวของผลึกไขมันจะจัดเรียงตัวแน่น อัตราการก่อผลึกเพิ่มขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง จำนวนและขนาดของผลึกที่เกิดขึ้นถูกควบคุมด้วย อุณหภูมิ อัตราการทำความเร็ว อัตราการกวน และ องค์ประกอบของน้ำมัน (Fatouh, 2003; Ghotra *et al.*, 2002; Rajah and Moran, 1994; Grall and Hartel, 1992) การเจริญของผลึกหรือนิวเคลียสของผลึกเป็นการรวมตัวของไตรกลีเซอไรด์บริเวณผิวผลึก อัตราการเจริญของผลึกขึ้นกับอุณหภูมิตกผลึก อัตราการทำเย็น และระยะเวลา ถ้าใช้อุณหภูมิตกผลึกต่ำ หรือใช้อัตราการทำเย็นสูง การเจริญของผลึกไขมันจะเป็นไปอย่างช้าๆ ได้ผลึกขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะดังกล่าวเร่งการผลิตนิวเคลียสขนาดเล็กจำนวนมาก ผลึกที่ได้มีการจัดเรียงตัวไม่สมบูรณ์ ถ้าใช้อุณหภูมิในการตกผลึกไม่ต่ำมากนักสามารถช่วยเร่งการเจริญของผลึก (Ghotra *et al.*, 2002; Rajah and Moran, 1994)

2. การแยกผลึก สามารถแยกผลึกไขมันได้หลายวิธี เช่น การกรองแบบสุญญากาศ (vacuum filtration) การกรองด้วยความดัน (pressure filtration) การหมุนเหวี่ยง (centrifugation) หรือการหมุนเหวี่ยงพร้อมกับการกรอง (Breeding and Marshall, 1995) ขนาดและความบริสุทธิ์ของผลึกเป็นปัจจัยที่ควรคำนึงถึงเมื่อต้องการแยกผลึก (Black, 1975) เนื่องจากผลึกไขมันกักเก็บน้ำมันไว้ภายในโครงสร้างผลึก (entrapment) ผลึกที่ได้มีส่วนของน้ำมันปนอยู่ แต่การใช้ตัวทำลายในการแยกส่วนสามารถลดปัญหานี้ได้ (Hamm, 1995; Kaylegian and Linsay, 1994)

การใช้ความดันในการแยกผลึกสามารถใช้วัสดุกรองได้แก่ ผ้ากรอง และ wire gauze filter ในลอน หรือ โพลีโพรไพลีน ผลึกที่แยกได้ไม่ดูดซับน้ำมันจึงได้ผลึกที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า

แต่อาจไม่เหมาะกับการแยกสีกที่ได้จากอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากความดันอาจทำให้สีกหลอมเหลวได้ ประเภท และจำนวนแผ่นกรองมีผลต่อปริมาณของน้ำมันและไขมันที่แยกได้ (สุมาลัย และคณะ, 2532)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุประสงค์

ไขมันวัวที่ได้จากการตัดแต่งซากพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป จากสหกรณ์การเลี้ยงปลุสสัตว์ โพนยางคำ จำกัด

2. วัสดุ และอุปกรณ์

2.1. เครื่องมือแยกส่วน

ใช้เครื่องมือแยกส่วนไขมัน ครุภัณฑ์คณะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งประกอบด้วย ถังสำหรับตกผลึก สเตนเลสขนาด 7 ลิตร เป็นถังสเตนเลส สองชั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 22 เซนติเมตร สูง 26 เซนติเมตร เครื่องกวนผสม มอเตอร์ขนาด 90 Watt (speed control motor, Kimpo, Taunglix Electrical Co., LTD.) ใบกวนสเตนเลสรูปตัวยู (U-shape anchor, เส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด 15 เซนติเมตร ความยาวใบกวน 15 เซนติเมตร ความสูง 30.5 เซนติเมตร) เครื่องทำความเย็นแบบน้ำหล่อเย็น และชุดกรวยกรอง ควบคุมอุณหภูมิ ขณะกรองโดยท่อน้ำหล่อเย็นรอบกรวยกรอง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 20 เซนติเมตร ต่อกับปั๊ม สูญญากาศ (SIBATA, WJ-20, Japan)

2.2. เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพของไขมัน น้ำมันวัวแยกส่วน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. Gas Chromatography – Mass Selective Detector (GC/MSD 5975C Series Agilent Technologies, USA)
2. Nuclear Magnetic Resonance MARAN-20 pulsed NMR spectrometer (Resonance Instruments Ltd., U.K.)
3. Differential Scanning Calorimeter (DSC 7 - Norwalk, CT, Perkin Elmer, USA)

3. วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การแยกส่วนไขมันวัวแบบหลายขั้นตอน (multiple-step dry fractionation)

1. เตรียมน้ำมันวัว

1.1 นำไขมันวัวมาทำการตัดแต่งแยกส่วนที่เป็นเนื้อ ก้อนเลือด หรือส่วนอื่นที่ไม่ใช่ไขมันออก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหม้ขณะเจียว จากนั้นหั่นไขมันวัวเป็นชิ้นเล็กๆรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2 X 2 เซนติเมตร (ภาพที่ 1, 2)



รูปที่ 2 วัตถุดิบไขมันวัวจากการตัดแต่งซาก

รูปที่ 3 ไขมันวัวหลังการแยกสิ่งปนเปื้อน

1.2 เจียวน้ำมันโดยใช้ไขมันวัวครั้งละ 10 กิโลกรัม ในภาชนะสเตนเลส ใช้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิ 110 ± 1 °C (นิธิยา, 2539) ระยะเวลาของการเจียวน้ำมันประมาณ 1 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเจียวไม่เกิน 110°C กรองแยกกาก และน้ำมันผ่านผ้าขาวบาง และเก็บน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปแยกส่วน

คำนวณปริมาณน้ำมันที่เจียวได้เป็นร้อยละ โดยน้ำหนักดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำมัน (\% โดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันหลังเจียว}}{\text{น้ำหนักไขมันก่อนเจียว}} \times 100$$



รูปที่ 4 เจียวน้ำมันที่อุณหภูมิ 110 °C



รูปที่ 5 น้ำมันวุ้นที่เจียวได้

2. การหาเวลาที่เหมาะสมในการตกผลึกน้ำมันวุ้น

2.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการตกผลึกขั้นที่หนึ่ง

2.1.1 การศึกษาอัตราการทำเย็น (Cooling rate) ณ อุณหภูมิการตกผลึก

นำไขมันที่สกัดได้จากข้อ 1.1 มาหลอมเหลวที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพื่อทำละลายผลึกไขมันก่อนนำมาตกผลึก (Fatouh *et al.*, 2003) เทน้ำมันวุ้นประมาณ 6 ลิตรในถังสำหรับตกผลึกใช้อุณหภูมิหล่อเย็นคงที่ที่ 35°C อัตราการกวนคงที่ที่ 10 rpm บันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพื่อศึกษาการทำเย็นของน้ำมันวุ้นจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก ที่ 35°C

2.1.2 ศึกษาระยะเวลา และปริมาณผลึกไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก

เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิในการตกผลึกที่ 35°C ทำการตกผลึก ด้วยการกวนที่ความเร็วรอบ 10 rpm ที่ระยะเวลาเท่ากับ 3 - 11 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาทำการแยกส่วนผลึกไขมันแข็งออกจากน้ำมันเหลว ด้วยการกรองแบบสุญญากาศ ควบคุมอุณหภูมิขณะกรองให้เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก นำส่วนไขมันแข็งและน้ำมันเหลวที่แยกได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีต่อไป

2.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการตกผลึกขั้นที่สอง

2.2.1 การศึกษาอัตราการทำเย็น (Cooling rate) ณ อุณหภูมิการตกผลึก

นำน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนในขั้นที่หนึ่ง มาหลอมเหลวที่อุณหภูมิ $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพื่อทำละลายผลึกไขมันก่อนนำมาตกผลึก (Fatouh *et al.*, 2003) เทส่วนของน้ำมันเหลวลงในถังสำหรับตกผลึกใช้อุณหภูมิหล่อเย็นคงที่ที่ 25°C ใช้อัตราการกวนคงที่ 10 rpm บันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพื่อศึกษาการทำเย็นของน้ำมันวุ้นจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำมันถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก ที่ อุณหภูมิตกผลึกที่ 25°C

2.2.2 ศึกษาระยะเวลา และปริมาณผลึกไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก

เมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิในการตกผลึกที่ 25°C ทำการตกผลึกที่ระยะเวลาเท่ากับ 4 - 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาทำการแยกส่วนผลึกไขมันแข็งออกจากน้ำมันเหลว ด้วยการกรอง

แบบสุญญากาศ ควบคุมอุณหภูมิขณะกรองให้เท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก นำส่วนไขมันแข็งและน้ำมันเหลวที่แยกได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมีต่อไป

3. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันเหลว และไขมันแข็ง

นำส่วนของน้ำมันเหลวและไขมันแข็งจากการแยกส่วนแบบหลายชั้นจากข้อ 2.1.2 และ 2.2.2 เพื่อวิเคราะห์หา จุดหลอมเหลวโดยวิธี Capillary tube (AOCS, 1999) พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันเหลว และไขมันแข็ง โดยวิธี Differential Scanning Calorimetry (AOCS, 2009) Solid Fat Content (SFC) (AOCS, 2009) ไอโอดีน Cyclohexane–Acetic acid method (AOCS, 1999) กรดไขมันอิสระ (AOCS, 1999) และองค์ประกอบของกรดไขมัน (Compendium of Methods for Food Analysis, 2003)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลการแยกส่วน

วางแผนการทดลองการแยกส่วนน้ำมันวัวจากไขมันวัว ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ แบบ Completely randomized design (CRD) ทำการแยกส่วน 2 ซ้ำ ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพของไขมันวัวแยกส่วน นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าที่ได้ด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นองค์ประกอบ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำไขมันหรือน้ำมันวัวแยกส่วนไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว โดยใช้ไขมันแข็งที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (SF35) เรียกแทนว่า ไขมันวัว และน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (LF35) เรียกแทนว่า น้ำมันวัว เพื่อทดแทนไขมันที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ 6 ชนิด คือ ขนมปังหวาน ชิฟฟอนไบเตย ลูกก๊วยลิสงโดนัท เค้กเนย และพายชั้น และเพื่อทดแทนเนยขาวที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด

1. ขนมปังหวาน

1.1. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังหวาน 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

โดยผลิตขนมปังหวานที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังหวาน 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกสูตรขนมปังหวานที่จะใช้ใน 1.2

1.2. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่แตกต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน ใช้สูตรขนมปังหวานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากข้อ 1.1 โดยทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในปริมาณ 0, 15, 30, 45, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกระดับการทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในขนมปังหวานที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในข้อ 1.3

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

ศึกษาอายุการเก็บของขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด โดยใช้ขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด นำมาเก็บรักษาใน 3 สภาพการเก็บที่แตกต่างกัน คือ 1. เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 0, 2 และ 4 วัน 2. เก็บในตู้เย็น (อุณหภูมิ 3°C) นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ และ 3. เก็บในสภาพแช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -18°C) นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ อย่างละ 3 ซ้ำ ทำการทดสอบอายุการเก็บ โดยใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น

รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

2. ลูกก๊ี้ถั่วลิสง

2.1. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกก๊ี้ถั่วลิสง 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

ผลิตลูกก๊ี้ถั่วลิสงที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกก๊ี้ถั่วลิสง 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกสูตรลูกก๊ี้ถั่วลิสงที่จะใช้ใน 2.2

2.2. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกก๊ี้ถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่แตกต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อลูกก๊ี้ถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน โดยทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในปริมาณ 0, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกระดับการทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในลูกก๊ี้ถั่วลิสงที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

3. เค้กเนย

3.1. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อเค้กเนย 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

ผลิตเค้กเนยที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อเค้กเนย 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ขอบผิวเค้ก ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกสูตรเค้กเนยที่จะใช้ใน 3.2

3.2.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน โดยทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในปริมาณ 0, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ขอบผิวเค้ก ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกระดับการทดแทนเนยสดด้วยไขมันวัวในเค้กเนยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในข้อ 3.3

3.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

ศึกษาอายุการเก็บของเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด โดยใช้เค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด นำมาเก็บรักษาใน 3 สถานะการเก็บที่ต่างกัน คือ 1. เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 วัน 2. เก็บในตู้เย็น (อุณหภูมิ 3°C) นาน 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน และ 3. เก็บในสภาพแช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -18°C) นาน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ ทำการทดสอบอายุการเก็บโดยใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ขอบผิวเค้ก ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว

1. หมันโถว

1.1.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมันโถว 4 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

ผลิตหมันโถวที่ต่างกันจำนวน 4 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมันโถว 4 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

1.2.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมันโถวที่มีการใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อ

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมั่นโถวที่มีการใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อ ระหว่างแป้งสาลีตรากิเลนเหลืองและแป้งสาลีตราบัวแดง ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

1.3.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมั่นโถวที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อหมั่นโถวที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณที่ต่างกัน โดยทดแทนเนยขาวด้วยไขมันวัวในปริมาณ 0, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดและเพสตรี่มาการีน

1. พายชั้น

1.1.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อพายชั้น ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน

ผลิตพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 0, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสีเปลือกพาย รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

1.2.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อพายชั้น ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี่มาการีนในปริมาณต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี่มาการีน 0, 15, 30, 45, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสีเปลือกพาย รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกสูตรพายชั้นที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในข้อ 1.3

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

ศึกษาอายุการเก็บของพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด โดยใช้พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด นำมาเก็บรักษาใน 3 สถานะการเก็บที่แตกต่างกัน คือ 1. เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 0, 2 และ 4 วัน 2. เก็บในตู้เย็น (อุณหภูมิ 3°C) นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ และ 3. เก็บในสภาพแช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -18°C) นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทำการทดสอบอายุการเก็บโดยใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช

1. ชิฟฟอนไบเตย

1.1. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนไบเตย 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

ผลิตชิฟฟอนไบเตยที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนไบเตย 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20) เพื่อคัดเลือกสูตรชิฟฟอนไบเตยที่จะใช้ใน 1.2

1.2. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่ต่างกัน โดยทดแทนน้ำมันพืชด้วยน้ำมันวัวในปริมาณ 0, 50 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ

จำนวน 20 คน ($n=20$) เพื่อคัดเลือกระดับการทดแทนน้ำมันพืชด้วยน้ำมันวัวในชิฟฟอนใบเตยที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพื่อใช้ในการทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในข้อ 1.3

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชบรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

ศึกษาอายุการเก็บของชิฟฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช โดยใช้ชิฟฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด นำมาเก็บรักษาใน 3 สถานะการเก็บที่แตกต่างกัน คือ 1. เก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน 2. เก็บในตู้เย็น (อุณหภูมิ 3°C) นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน และ 3. เก็บในสภาพแช่แข็ง (อุณหภูมิ 3°C) นาน 0, 2, 4 และ 6 วัน ทำการทดสอบอายุการเก็บโดยใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน ($n=20$)

2. โฉนท

2.1. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโฉนท 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

ผลิตโฉนทที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโฉนท 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน ($n=20$)

2.2. ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโฉนทที่ผ่านการทอดในน้ำมันต่างชนิดกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโฉนทที่ผ่านการทอดในน้ำมันที่ต่างชนิดกัน โดยทำการทอดโฉนทในน้ำมันที่ต่างกัน 5 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม เนยสด เนยขาว และน้ำมันวัว เพื่อหาว่าผู้บริโภคพอใจโฉนทที่ทอดในน้ำมันชนิดใดมากที่สุด แล้วจึงเลือกน้ำมันชนิดนั้นไปใช้ในการทดลองทดแทนด้วยน้ำมันวัว ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน ($n=20$)

2.3.ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวในปริมาณที่ต่างกัน

ศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้บริโภคต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวในปริมาณที่ต่างกัน โดยทำการทอดโดนัทในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัว 0, 25, 50, 75 และ 100% ตามลำดับ ใช้การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้แบบทดสอบ 5-points Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน (n=20)

การวิเคราะห์ข้อมูลของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองการผลิผลิตภัณฑ์แบบ completely randomized design (CRD) ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองด้านการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส แบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าที่ได้ด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 3 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ทอดในน้ำมันวัวเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำน้ำมันวัวแยกส่วนไปใช้ในการทอดมันฝรั่ง โดยใช้ไขมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (LF35) เรียกแทนว่า น้ำมันวัว เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้น้ำมันวัวทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแทนน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

1. วิธีการทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง

1.1 การทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งโดยใช้น้ำมันวัวแบบทอดน้ำมันใหม่

ซังมันฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือกขนาดและน้ำหนักที่ใกล้เคียงกันประมาณ 500 กรัม จากนั้นทอดโดยใช้วิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมด้วยกระทะไฟฟ้า Princess รุ่น 184000 ที่สภาวะอุณหภูมิ 170°C เป็นเวลา 9 นาที ใช้น้ำมันวัวประมาณ 3 ลิตร ในการทอดแต่ละครั้ง (ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และเปลี่ยนน้ำมันใหม่ทุกครั้ง) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพของน้ำมันที่ได้จากการทอด และวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งต่อไป

1.2 การทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งโดยใช้น้ำมันวัวแบบทอดน้ำมันซ้ำ

ซังมันฝรั่งที่ผ่านการคัดเลือก ซินที่มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกันประมาณ 500 กรัม จากนั้นทอดโดยใช้วิธีการทอดแบบน้ำมันท่วมด้วยกระทะไฟฟ้า Princess รุ่น 184000 ที่สภาวะอุณหภูมิ 170°C

เป็นเวลา 9 นาที ใช้น้ำมันวัวประมาณ 3 ลิตร ในการทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง 3 ชุด โดยไม่เปลี่ยนน้ำมัน (ทำการทอดทั้งหมด 3 ชุด) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพของน้ำมันที่ได้จากการทอด และวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดน้ำมันซ้ำทุกครั้งของการทอด

2. การทดสอบคุณภาพของน้ำมันวัวและผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอด

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพของน้ำมันวัวที่ผ่านการทอด

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของน้ำมันวัว ดังนี้ การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์โดยวิธี AOAC (2002) การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (Narwa, 1996) การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ AOAC (1984) การวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน (Rancimat รุ่น 743) การวิเคราะห์ความหนืด (Brookfield (Mode DV-III)) การวัดค่าสีน้ำมัน (Hunter Lab รุ่น Color Quest XE) และการวัดค่าสีมันฝรั่ง (Minolta Chroma-meter CR-300)

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัว

ทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ($n = 30$) ด้วยวิธี 9-point Hedonic test ของคุณลักษณะด้านสี กลิ่นของน้ำมันวัว กลิ่นรสของน้ำมันวัว ความกรอบของผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง และความชอบโดยรวม โดย แบ่งการทดสอบเป็น

1. การทดสอบผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันวัวแบบทอดน้ำมันใหม่ โดยเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวใหม่ 1 ตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบ 30 คน โดยทดสอบคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง กลิ่นของน้ำมันวัว กลิ่นรสของน้ำมันวัว ความกรอบของผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง และความชอบโดยรวม

2. การทดสอบผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวแบบทอดน้ำมันซ้ำ โดยเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัว 3 ตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบ 30 คน คือ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวใหม่ (ทอดครั้งที่ 1) ผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำด้วยน้ำมันวัวเดิม (ทอดครั้งที่ 2) และผลิตภัณฑ์มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวเดิม (ทอดครั้งที่ 3) ระบุรหัสตัวอย่าง 3 หลักด้วย วิธีการสุ่มและลำดับการเสิร์ฟด้วยวิธีการสุ่มจากตารางเลขสุ่ม ทำการทดสอบคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง กลิ่นของน้ำมันวัว กลิ่นรสของน้ำมันวัว ความกรอบของผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง และ ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

3. การวิเคราะห์ข้อมูลของผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์แบบ completely randomized design (CRD) ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองด้านการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส แบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าที่ได้ด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติของน้ำมันวัว

น้ำมันวัวก่อนการแยกส่วนมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันวัวที่ได้จากการเจียวไขมันวัวที่ได้จากการตัดแต่งซาก ที่อุณหภูมิ $110 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เท่ากับ $69.27 \pm 2.32 \%$ น้ำมันวัวมีจุดหลอมเหลว เท่ากับ $37.83 \pm 0.75^{\circ}\text{C}$ ปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ $0.61 \pm 0.01\%$ และค่าไอโอดีน เท่ากับ 42.65 ± 0.79 กรัม I_2 /ไขมัน 100 กรัม

ตารางที่ 1 คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซาก

คุณลักษณะ	
ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการเจียวด้วยอุณหภูมิ $110 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (%)	69.27 ± 2.32
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	37.83 ± 0.75
Free Fatty Acid (as %oleic)	0.61 ± 0.01
Iodine Value (g I_2 /100 g fat)	42.65 ± 0.79

จุดหลอมเหลวเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่บ่งบอกถึงอุณหภูมิที่ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และมีความสัมพันธ์กับค่าไอโอดีน ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความไม่อิ่มตัวของไขมัน ไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง มักมีค่าไอโอดีนสูงด้วย และมีจุดหลอมเหลวของไขมันต่ำ ไขมันพืชเช่น น้ำมันรำข้าว มีค่าไอโอดีนประมาณ 99-108 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม ในขณะที่ไขมันสัตว์ซึ่งมีความอิ่มตัวสูงกว่า เช่น น้ำมันหมู มีค่าไอโอดีนประมาณ 53-77 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม กรดไขมันอิสระเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพและปริมาณกรดไขมันอิสระที่อยู่ในน้ำมัน น้ำมันบริโภคที่ดีมีปริมาณกรดไขมันอิสระไม่เกิน 0.5 % (นิธิยา, 2548) หรือมีค่าของกรดไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม KOH / ไขมัน 1 กรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543) อุณหภูมิ และระยะเวลาของการให้ความร้อนขณะเจียวมีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน ทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมาก

ผลการศึกษาเทคนิคการแยกส่วนไขมันวัวด้วยอุณหภูมิต่ำ

สภาวะเหมาะสมในการแยกส่วนน้ำมันจากไขมันวัวแบบหลายขั้น

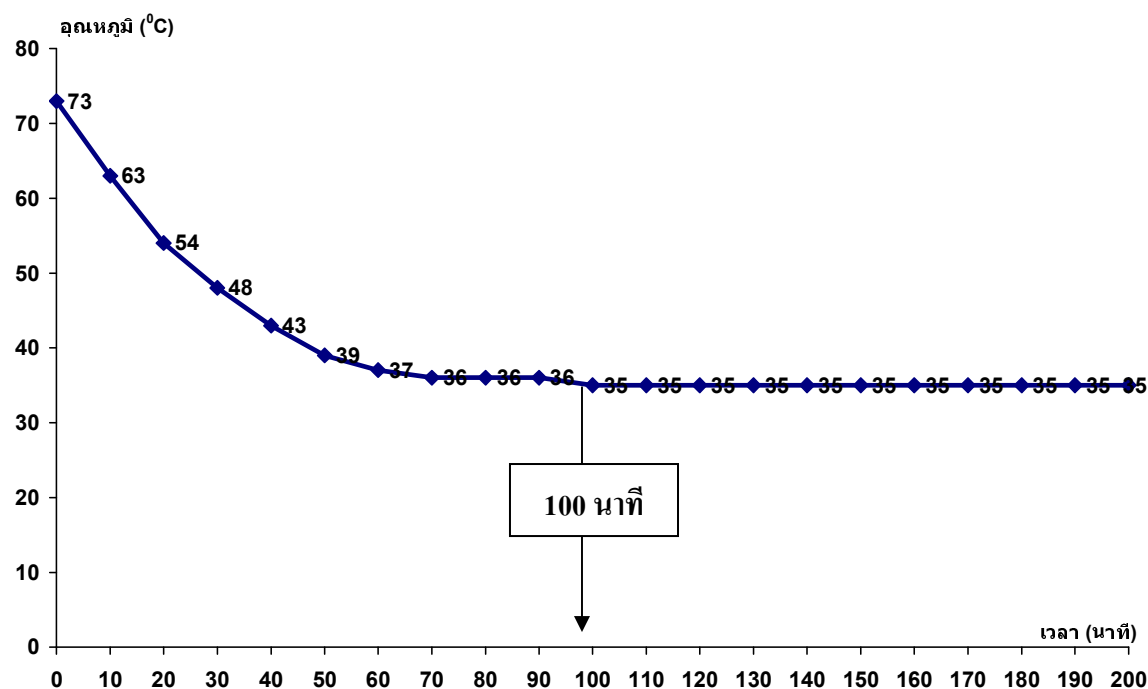
โดยทั่วไปไขมันวัวมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวสูงไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้น การนำไขมันวัวมาทำการแยกส่วนเพื่อให้ได้ไขมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น และเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้จากโรงงานแปรรูปเนื้อสัตว์ได้ ดังนั้น การศึกษาในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบเวลาที่เหมาะสมในการแยกส่วนน้ำมันจากไขมันวัว โดย ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการแยกส่วนไขมันวัวขั้นที่ 1 ที่ อุณหภูมิ 35°C และเวลาที่เหมาะสมในการแยกส่วนไขมันวัวขั้นที่ 2 ที่อุณหภูมิ 25°C สำหรับการแยกส่วนน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนไขมันวัวขั้นที่ 1

1. เวลาเหมาะสมในการแยกส่วนน้ำมันวัวขั้นที่ 1 ที่ อุณหภูมิ 35°C อัตราการกวนคงที่ 10 rpm

การศึกษาในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการทราบระยะเวลาการทำให้เย็น ระยะเวลาการตกผลึก และปริมาณผลึกไขมันแข็งจากการแยกส่วนไขมันวัวเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแยกส่วนไขมันวัว

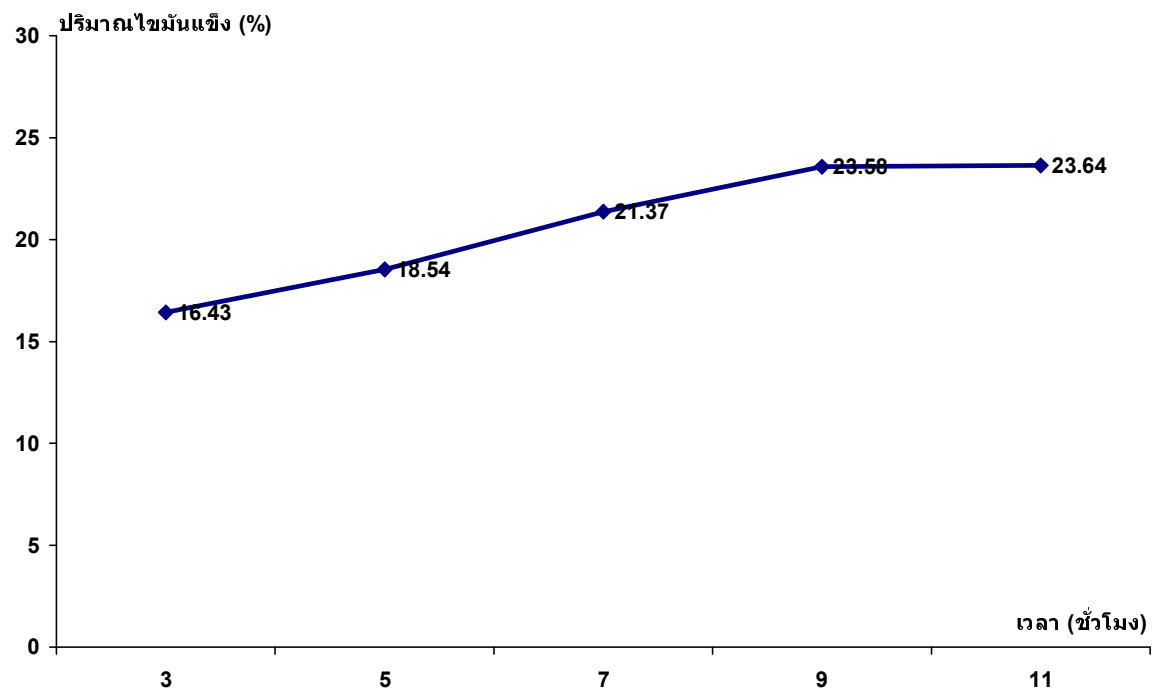
กระบวนการตกผลึกเป็นการทำให้น้ำมันเปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้เป็นผลึกไขมันแข็ง ไขมันแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ช่วงแรกของการตกผลึกไขมันจะเป็นช่วงก่อผลึกจะเกิดนิวเคลียสขนาดเล็กแล้วก่อตัวเป็นผลึก ผลึกจะเจริญมากขึ้นที่เวลาดตกผลึกนาน การทำให้เย็นไขมันมีผลต่อความสม่ำเสมอ และรูปร่างของผลึก รวมทั้งปริมาณไขมันแข็งที่เกิดขึ้น การทำให้เย็นอย่างช้าๆจะได้ผลึกที่มีขนาดใหญ่ และรูปร่างของผลึกจะมีความคงตัวมากกว่าการทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว (Kaylegian and Lindsay, 1994) ในขณะที่การทำให้เย็นอย่างรวดเร็วจะให้ปริมาณไขมันแข็งและความแข็งของผลึกมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันแข็งที่เกิดจากอัตราการทำให้เย็นช้า (Campos *et al.*, 2002) องค์ประกอบของน้ำมันที่แตกต่างกันมีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการนำความร้อนของน้ำมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน

ผลการทดลองพบว่า เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของน้ำมันวัว จาก 73°C ลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับ 35°C ใช้เวลา 100 นาที (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 อุณหภูมิระหว่างการทำเย็นน้ำมันวัวเพื่อตกผลึกไขมันที่อุณหภูมิ 35°C อัตราการกวน 10 rpm ที่เวลา 0-200 นาที

เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันลดลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับ อุณหภูมิตกผลึก ทำการศึกษาผลของระยะเวลา และปริมาณไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C ที่เวลา 3, 5, 7, 9 และ 11 ชั่วโมง ตามลำดับ ปริมาณไขมันแข็งที่กรองแยกได้ เท่ากับ 16.43 ± 2.56 , 18.54 ± 2.45 , 21.37 ± 2.84 , 23.58 ± 2.26 และ 23.46 ± 3.75 % ตามลำดับ แสดงว่าระยะเวลาที่ใช้ในการตกผลึกน้ำมันที่ 35°C มีผลต่อปริมาณไขมันแข็ง ($p \leq 0.05$) ปริมาณไขมันแข็งแปรผันตามเวลาที่ใช้ในการตกผลึก ปริมาณไขมันแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการตกผลึกนานขึ้น ในการตกผลึกแบบ Batch ระยะเวลาที่ให้ปริมาณไขมันแข็งที่มีปริมาณสูงสุด คือ 11 ชั่วโมง และมีปริมาณไขมันแข็งที่ได้ไม่แตกต่างจากที่เวลา 9 ชั่วโมง จึงเลือกใช้การตกผลึกที่ 9 ชั่วโมง สำหรับการตกผลึกน้ำมันวัวในขั้นที่ 1 ที่อุณหภูมิ 35°C



รูปที่ 7 ปริมาณไขมันแข็งที่ได้จากการสกัดน้ำมันวู ที่อุณหภูมิ 35°C นาน 0-9 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm

ลักษณะความขุ่นของน้ำมันวูในระหว่างการสกัดน้ำมันวู ที่อุณหภูมิ 35°C ระยะเวลา 0 - 11 ชั่วโมง แสดงใน รูปที่ 8 สังเกต พบว่าความขุ่นของน้ำมันที่เวลาสกัดตั้งแต่ 3 - 11 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันนัก



A.



B.



C.



D.



E.



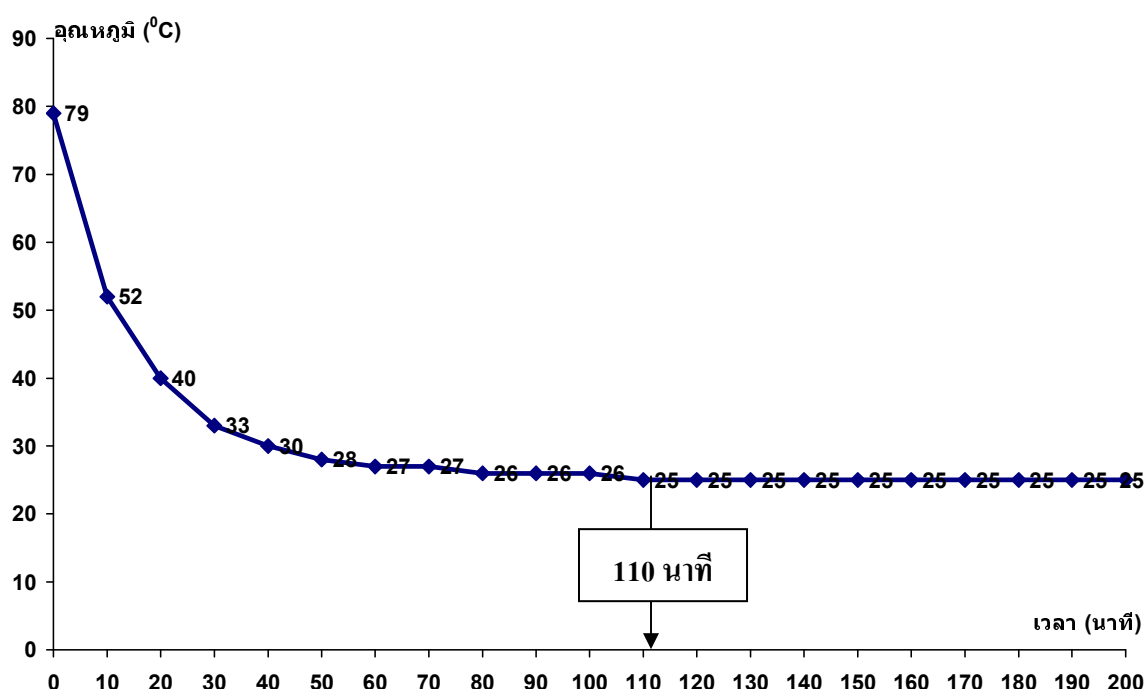
F.

รูปที่ 8 ลักษณะของน้ำมันวุ้นที่อุณหภูมิการตกผลึกที่ 35°C ที่ระยะเวลา 0-11 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm (A. 0, B. 3, C. 5, D. 7, E. 9 และ F. 11 ชั่วโมง ตามลำดับ)

2. เวลาเหมาะสมในการแยกส่วนน้ำมันวัวชั้นที่ 2 ที่อุณหภูมิ 25°C อัตราการกวนคงที่ 10 rpm

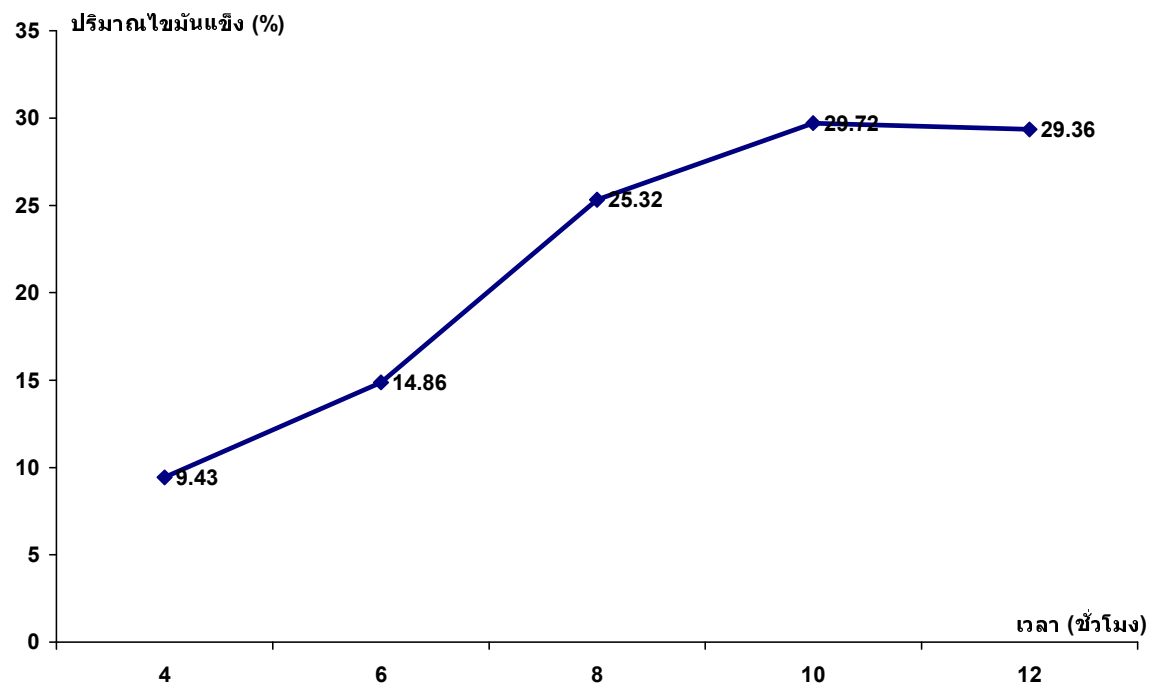
การศึกษาในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการทราบระยะเวลาการทำเย็น ระยะเวลาการตกผลึก และปริมาณไขมันแข็งที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวในชั้นที่ 2 โดยนำน้ำมันเหลวที่ได้จากอุณหภูมิตกผลึกที่ 35°C ที่เวลาตกผลึก 9 ชั่วโมง มาศึกษาระยะเวลาการทำเย็น ระยะเวลาการตกผลึก และปริมาณไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C เนื่องจากให้ปริมาณผลึกที่ค่อนข้างมากพอ และผลึกของไขมันมีขนาดที่ใหญ่ เพื่อสะดวกในการกรองแยก

ระยะเวลาที่อุณหภูมิของน้ำมัน ลดลงจาก 79°C จนมีอุณหภูมิเท่ากับ 25°C เท่ากับ 110 นาที (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 อุณหภูมิระหว่างการทำเย็นน้ำมันวัวเพื่อตกผลึกไขมันที่อุณหภูมิ 25°C อัตราการกวน 10 rpm ที่เวลา 0-200 นาที

เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันลดลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับ อุณหภูมิตกผลึก ทำการศึกษาระยะเวลาตกผลึกที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C มีผลต่อปริมาณไขมันแข็ง ($p \leq 0.05$) ปริมาณไขมันแข็งจากการตกผลึกนาน 4, 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง เท่ากับ 9.43 ± 1.24 , 14.86 ± 3.74 , 25.32 ± 1.47 , 29.72 ± 1.99 และ 29.36 ± 2.41 % ตามลำดับ ปริมาณไขมันแข็งที่อุณหภูมิ 25°C ในเวลาตกผลึกนาน 10 ชั่วโมง ไม่แตกต่างจากปริมาณไขมันแข็งที่ได้จากเวลา 12 ชั่วโมง จึงเลือกใช้ระยะเวลานาน 10 ชั่วโมง ในการตกผลึกน้ำมันวัวในชั้นที่ 2 ที่อุณหภูมิ 25°C



รูปที่ 10 ปริมาณไขมันแห้งที่ได้จากการดกผลึกน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 25°C นาน 4-12 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm

ลักษณะความขุ่นของน้ำมันวัวในระหว่างการดกผลึกน้ำมันวัว ที่อุณหภูมิ 25°C ระยะเวลา 4 - 12 ชั่วโมง แสดงใน รูปที่ 11



A.



B.



C.



D.



E.



F.

รูปที่ 11 ลักษณะของน้ำมันวัวที่อุณหภูมิการตกผลึกที่ 25°C ที่ระยะเวลา 4-12 ชั่วโมง อัตราการกวน 10 rpm (A. 0, B. 4, C. 6, D. 8, E. 10 และ F. 12 ชั่วโมง ตามลำดับ)

ผลการศึกษารูปแบบการประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ของไขมันวัวแยกส่วน

1. ค่าไอโอดีน ปริมาณกรดไขมันอิสระ และจุดหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน

การศึกษาในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบคุณสมบัติทางเคมี คือ ค่าไอโอดีน และปริมาณกรดไขมันอิสระและคุณสมบัติทางกายภาพ คือ จุดหลอมเหลว ของน้ำมันเหลวและไขมันแข็งที่ได้จากการแยกส่วนในขั้นที่ 1 ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C เวลาตกผลึก 3-11 ชั่วโมง และขั้นที่ 2 ที่อุณหภูมิ 25°C เวลาตกผลึก 4-12 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2 - 3

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ของไขมันที่ได้จากการแยกส่วนไขมันวัว ในขั้นที่ 1
ที่อุณหภูมิตกผลึก 35 °C

Fraction	เวลา (hr)	จุดหลอมเหลว (°C)	Iodine Value* (IV)	FFA (as %oleic)
LF35	0	37.83 ± 0.75 ^a	42.65 ± 0.79 ^d	0.61 ± 0.01 ^f
	3	34.67 ± 0.52 ^b	44.42 ± 0.15 ^c	0.62 ± 0.00 ^e
	5	34.33 ± 0.52 ^b	44.75 ± 0.23 ^c	0.65 ± 0.00 ^d
	7	34.00 ± 0.89 ^b	45.41 ± 0.28 ^{ba}	0.66 ± 0.00 ^c
	9	33.07 ± 0.52 ^c	45.88 ± 0.10 ^a	0.68 ± 0.00 ^b
	11	33.00 ± 0.89 ^c	46.28 ± 0.17 ^a	0.69 ± 0.00 ^a
SF35	0	37.83 ± 0.75 ^e	42.65 ± 0.79 ^a	0.61 ± 0.01 ^b
	3	44.67 ± 0.52 ^c	42.91 ± 0.64 ^a	0.50 ± 0.00 ^a
	5	45.67 ± 0.52 ^b	42.04 ± 0.50 ^a	0.49 ± 0.00 ^a
	7	46.67 ± 0.00 ^a	40.96 ± 0.07 ^b	0.49 ± 0.00 ^a
	9	47.00 ± 0.52 ^a	38.82 ± 0.13 ^c	0.49 ± 0.00 ^a
	11	46.67 ± 0.89 ^a	35.82 ± 0.19 ^d	0.50 ± 0.00 ^a

หมายเหตุ

* หมายถึง จำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับโดยไขมัน 100 กรัม

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากตัวอย่างการแยกส่วนไขมันจำนวน 2 ซ้ำ

LF = น้ำมันเหลว, SF = ไขมันแข็ง

ระยะเวลาในการตกผลึกมีผลต่อค่าไอโอดีน ปริมาณกรดไขมันอิสระ และจุดหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนทั้งน้ำมันเหลวและไขมันแข็ง ($p \leq 0.05$) พบว่าพารามิเตอร์ทั้งสามของน้ำมันเหลวแตกต่างจากน้ำมันวัวเริ่มต้น โดยค่าไอโอดีนและปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันเหลวมีค่าสูงกว่าน้ำมันวัวเริ่มต้น แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า ค่าไอโอดีนของน้ำมันเหลวอยู่ระหว่าง 44.42 ± 0.15 ถึง 46.28 ± 0.17 กรัม/ไขมัน 100 กรัม ปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ระหว่าง 0.62 ± 0.01 ถึง $0.69 \pm 0.00\%$ จุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 33.00 ± 0.89 ถึง $34.67 \pm 0.52^{\circ}\text{C}$ ไม่พบความแตกต่างของพารามิเตอร์ทั้งสามในน้ำมันแยกส่วนในเวลา 3-7 ชั่วโมง แต่พบความแตกต่างของพารามิเตอร์ที่เวลาตกผลึก 9 และ 11 ชั่วโมง ซึ่งความแตกต่างของพารามิเตอร์บอกรับให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการแยกส่วนไขมัน ในส่วนของไขมันแข็ง พบว่า พารามิเตอร์ทั้งสามของไขมันแข็งมีความแตกต่างกับน้ำมันวัวเริ่มต้น โดยในน้ำมันวัวเริ่มต้นมีค่าไอโอดีนและปริมาณของกรดไขมันอิสระสูงกว่าในไขมันแข็ง แต่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า ค่าไอโอดีนของไขมันแข็งอยู่ระหว่าง 35.82 ± 0.19 ถึง 42.91 ± 0.64 กรัม/ไขมัน 100 กรัม ปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 0.49 ± 0.00 ถึง $0.50 \pm 0.00\%$ จุดหลอมเหลวช่วง 44.67 ± 0.52 ถึง $47.00 \pm 0.52^{\circ}\text{C}$

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ของไขมันที่ได้จากการแยกส่วนไขมันวัว ในชั้นที่ 2
ที่อุณหภูมิคงที่ 25 °C

Fraction	เวลา (hr)	จุดหลอมเหลว (°C)	Iodine Value [*] (IV)	FFA (as %oleic)
LF25	0	33.07 ± 0.52 ^a	45.88 ± 0.10 ^d	0.68 ± 0.00 ^f
	4	25.33 ± 0.52 ^b	50.21 ± 0.05 ^c	0.64 ± 0.01 ^e
	6	25.33 ± 0.23 ^b	50.99 ± 0.05 ^{bc}	0.60 ± 0.01 ^d
	8	25.67 ± 0.26 ^b	51.38 ± 0.11 ^b	0.67 ± 0.01 ^c
	10	25.33 ± 0.53 ^b	52.68 ± 0.24 ^a	0.70 ± 0.01 ^b
	12	25.34 ± 0.16 ^b	52.57 ± 0.84 ^a	0.73 ± 0.01 ^a
SF25	0	33.07 ± 0.52 ^b	45.88 ± 0.10 ^a	0.68 ± 0.00 ^a
	4	35.00 ± 0.00 ^a	42.26 ± 0.19 ^b	0.52 ± 0.00 ^d
	6	35.33 ± 0.52 ^a	42.30 ± 0.14 ^b	0.54 ± 0.00 ^c
	8	35.67 ± 0.52 ^a	41.62 ± 0.13 ^c	0.58 ± 0.01 ^b
	10	35.33 ± 0.52 ^a	40.65 ± 0.23 ^d	0.57 ± 0.01 ^b
	12	35.67 ± 0.52 ^a	39.28 ± 0.14 ^c	0.49 ± 0.01 ^c

หมายเหตุ

* หมายถึง จำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับโดยไขมัน 100 กรัม

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในไขมันแต่ละส่วนในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากตัวอย่างการแยกส่วนไขมันจำนวน 2 ซ้ำ

LF = น้ำมันเหลว, SF = ไขมันแข็ง

ระยะเวลาในการแยกส่วนมีผลต่อคุณภาพของไขมันวัวแยกส่วน โดยพบว่า ค่าไอโอดีน ปริมาณกรดไขมันอิสระ และจุดหลอมเหลว ของน้ำมันเหลวแตกต่างจากน้ำมันวัวเริ่มต้น โดยน้ำมันเหลวมีค่าไอโอดีนและปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันวัวเริ่มต้น และจุดหลอมเหลวต่ำกว่า ค่าไอโอดีนของน้ำมันเหลวอยู่ระหว่าง 50.21 ± 0.05 ถึง 52.68 ± 0.24 กรัม/ไขมัน 100 กรัม ปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ระหว่าง 0.60 ± 0.01 ถึง 0.73 ± 0.00% จุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 25.33 ± 0.52 ถึง 25.67 ± 0.26°C และไม่พบความแตกต่างของจุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลว ที่เวลา 4-12 ชั่วโมง ส่วนไขมันแข็งพบว่าพารามิเตอร์ทั้งสามของไขมันแข็งมีความแตกต่างจากน้ำมันวัวเริ่มต้น โดยไขมันแข็งมีค่าไอโอดีนและปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าน้ำมันวัวเริ่มต้น แต่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า ค่าไอโอดีนของไขมันแข็งอยู่ระหว่าง 39.28 ± 0.14 ถึง 42.30 ± 0.14 กรัม/ไขมัน 100 กรัม

ปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 0.49 ± 0.01 ถึง $0.58 \pm 0.01\%$ จุดหลอมเหลวช่วง 35.00 ± 0.00 ถึง $35.67 \pm 0.52^{\circ}\text{C}$ และไม่พบความแตกต่างของจุดหลอมเหลวของไขมันแข็งที่เวลา 4-12 ชั่วโมง

ในการแยกส่วนไขมันวัวทั้ง 2 ชั้น พบว่า จุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลวลดลง ในขณะที่จุดหลอมเหลวของไขมันแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการแยกส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่ำ เป็นการแยกส่วนไขมันโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิจุดหลอมเหลว กรดไขมันอิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวสูง จึงถูกแยกไปอยู่ในส่วนของไขมันแข็ง ทำให้ไขมันแข็งมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าน้ำมันเหลว และเนื่องจากเป็นการตกผลึกน้ำมันช้า ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงจะถูกแยกออกมาอยู่ในส่วนของไขมันแข็งชั้นแรก ทำให้ไขมันแข็งที่ได้จากการตกผลึกในชั้นที่ 2 เป็นกลุ่มไขมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าในไขมันแข็งชั้นแรก โดยจุดหลอมเหลวสามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มของไขมันได้ โดยพบว่าไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึกที่ 35°C (SF35) เป็นกลุ่มไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูง (High Melting Fraction; HMF) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวมากกว่า 40°C ไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึกที่ 25°C (SF25) และน้ำมันเหลวที่อุณหภูมิตกผลึกที่ 35°C (LF35) เป็นกลุ่มของกรดไขมันที่มีจุดหลอมเหลว ปานกลาง (Middle Melting Fraction; MMF) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง $35-40^{\circ}\text{C}$ และน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึกที่ 25°C (LF25) เป็นกลุ่มของกรดไขมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ (Low Melting Fraction; LMF) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง $15-30^{\circ}\text{C}$ (Kaylegian and Lindsay, 1994) กรดไขมันหลักที่พบในกลุ่ม HMF เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสายโซ่ยาว ได้แก่ กรดไขมัน C16:0 และ C18:0 (Fatouh *et al.*, 2003) และยังพบกรดไขมันสายโซ่สั้น-ปานกลางประกอบอยู่บ้าง เช่น กรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่สั้น C4:0 , C8:0 และ กรดไขมันชนิดสายโซ่ปานกลาง ได้แก่ C10:0 , C14:0 นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสายโซ่ยาว ได้แก่ C18:1 , C18:2 และ C18:3

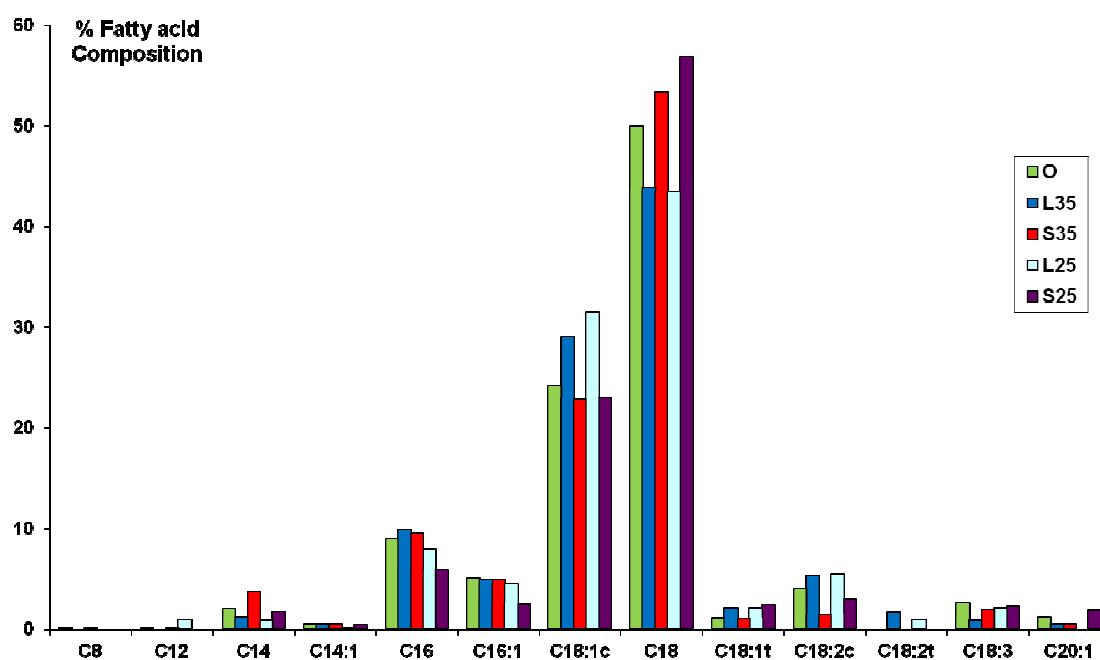
น้ำมันเหลวมีค่าไอโอดีนสูงกว่าไขมันแข็ง เนื่องจากมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในน้ำมันเหลวมากกว่าไขมันแข็ง (Grall and Hartel, 1992) การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้ค่าไอโอดีนของน้ำมันเหลวมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำมันเหลวที่ได้จากการตกผลึกที่อุณหภูมิสูงเมื่อนำมาตกผลึกซ้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะสามารถแยกไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงออกมาอีกครั้งหนึ่ง ไขมันที่ถูกนำมาตกผลึกซ้ำจึงมีปริมาณไขมันอิ่มตัวต่ำ ทำให้น้ำมันเหลวที่ถูกแยกต่อมาจึงมีความไม่อิ่มตัวสูงขึ้น

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันวัวเริ่มต้น ในขณะที่ไขมันแข็งมีกรดไขมันอิสระในปริมาณที่น้อยกว่า Ghatra *et al.* (2002) กล่าวว่า ปริมาณกรดไขมันอิสระมีความสัมพันธ์กับค่าไอโอดีนในไขมันและน้ำมัน โดยน้ำมันเหลวที่มีปริมาณความไม่อิ่มตัวสูงมีแนวโน้มต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่าไขมันแข็ง ซึ่งมีผลให้ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันเหลวสูงกว่าไขมันแข็ง จากการศึกษาของ วรณา (2549) พบว่ามีความแตกต่างกันของปริมาณกรดไขมันอิสระในไขมันแข็ง และน้ำมันเหลว โดยในไขมันแข็งกรดไขมันอิสระมีค่าลดลง แต่ในน้ำมันเหลวมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิตกผลึกลดลง

คุณภาพทางเคมี กายภาพของไขมันวัวแยกส่วนมีความสอดคล้องกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันหมูที่ผ่านการแยกส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำของ วรรณ (2549) พบว่ากระบวนการแยกส่วนมีผลทำให้ระดับความไม่อิ่มตัวของไขมันแข็ง และน้ำมันเหลว เพิ่มขึ้น ค่าไอโอดีนของน้ำมันเหลว และไขมันแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำมันเหลวมีค่าไอโอดีนสูงกว่าไขมันแข็ง จุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลวมีค่าลดลง เมื่อผ่านการแยกส่วนด้วยอุณหภูมิที่ต่ำลง ศลินา (2547) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไขมันไก่ที่ได้จากการแยกส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำ พบว่าอัตราการกวนมีผลต่อลักษณะของผลึก และปริมาณผลึกที่แยกได้ และอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของไขมันไก่

2. กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันวัวแยกส่วน

การศึกษาในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทราบถึงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเหลวและไขมันแข็ง ของไขมันวัวที่ผ่านการแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C เวลาตกผลึก 9 ชั่วโมง และอุณหภูมิตกผลึก 25°C เวลาตกผลึก 10 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 12 และตารางที่ 4



รูปที่ 12 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันวัว (% fatty acid composition) เริ่มต้น น้ำมันเหลว และไขมันแข็งที่ได้จากการแยกส่วนแบบสองขั้น ที่อุณหภูมิตกผลึก 35 และ 25°C

ตารางที่ 4 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันวัวแยกส่วน

	% Fatty acid composition				
	TO	LF35	SF35	LF25	SF25
C8	0.19 ± 0.02 ^a	ND	0.05 ± 0.02 ^b	ND	ND
C12	0.04 ± 0.02 ^b	ND	0.02 ± 0.01 ^b	0.93 ± 0.04 ^a	ND
C14	2.08 ± 0.25 ^b	1.20 ± 0.07 ^c	3.74 ± 0.32 ^a	0.87 ± 0.10 ^d	1.76 ± 0.29 ^{bc}
C14:1	0.54 ± 0.09 ^a	0.53 ± 0.12 ^a	0.48 ± 0.07 ^a	0.10 ± 0.07 ^b	0.47 ± 0.19 ^a
C16	8.94 ± 0.62 ^{ab}	9.88 ± 0.05 ^a	9.54 ± 0.14 ^a	7.95 ± 0.59 ^b	5.93 ± 1.00 ^c
C16:1	5.13 ± 0.70 ^a	4.97 ± 0.01 ^a	4.95 ± 0.40 ^a	4.53 ± 0.41 ^a	2.48 ± 0.09 ^b
C18:1c	24.16 ± 1.18 ^c	29.03 ± 0.19 ^b	22.86 ± 0.71 ^c	31.52 ± 0.73 ^a	23.02 ± 0.87 ^c
C18	50.00 ± 1.80 ^b	43.93 ± 0.91 ^c	53.33 ± 0.54 ^{ab}	43.42 ± 0.68 ^c	56.78 ± 2.28 ^a
C18:1t	1.10 ± 0.52 ^b	2.13 ± 0.30 ^a	1.06 ± 0.30 ^b	2.15 ± 0.08 ^a	2.43 ± 0.47 ^a
C18:2c ^{ns}	4.01 ± 0.74	5.32 ± 2.13	1.47 ± 0.77	5.45 ± 3.94	2.98 ± 0.38
C18:2t	ND	1.67 ± 0.14 ^a	ND	0.94 ± 0.07 ^b	ND
C18:3	2.63 ± 0.21 ^a	0.88 ± 0.40 ^b	1.97 ± 0.28 ^a	2.14 ± 0.28 ^a	2.23 ± 0.01 ^a
C20:1	1.17 ± 0.40 ^a	0.54 ± 0.71 ^b	0.52 ± 0.39 ^b	ND	1.91 ± 0.40 ^a
ΣUSFA	38.75 ± 3.84 ^b	45.09 ± 3.99 ^a	33.31 ± 2.91 ^b	46.83 ± 5.58 ^a	35.52 ± 2.41 ^b
ΣSFA	61.25 ± 2.70 ^{ab}	54.91 ± 1.02 ^b	66.69 ± 1.05 ^a	53.17 ± 1.42 ^b	64.47 ± 3.56 ^{ab}
ΣPUFA	6.65 ± 0.95 ^{ab}	7.88 ± 2.66 ^a	3.44 ± 1.04 ^b	8.53 ± 4.28 ^a	5.21 ± 0.40 ^{ab}
ΣMUFA	32.10 ± 2.89 ^b	37.21 ± 1.33 ^a	29.87 ± 1.86 ^b	38.30 ± 1.29 ^a	30.31 ± 2.02 ^b

หมายเหตุ

TO หมายถึง น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการแยกส่วน L25 หมายถึง น้ำมันเหลว ที่อุณหภูมิ 25°C

L35 หมายถึง น้ำมันเหลว ที่อุณหภูมิ 35°C S25 หมายถึง ไขมันแข็ง ที่อุณหภูมิ 25°C

S35 หมายถึง ไขมันแข็ง ที่อุณหภูมิ 35°C ND-Not detected

a, b, c,..... ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลจากการวิเคราะห์กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ (fatty acid composition) ของน้ำมันวัวเริ่มต้นและไขมันวัวแยกส่วน ดังแสดงในรูปที่ 12 และ ตารางที่ 4 พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ($p \leq 0.05$) กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันวัว คือ ไมริสติก (C14:0), ไมริสโตเลอิก (C14:1), ปาล์มมิติก (C16:0), พามิโตโอเลอิก (C16:1) สเตียริก (C18:0) โอเลอิก (C18:1c) อีไลดิก (C18:1n) ลิโนเลอิก (C18:2)

และลิโนเลนิก (C18:3) โดยกรดไขมันที่เด่นชัดของไขมันวัว คือ โอเลอิก (C18:1c) และ สเตียริก (C18:0) ในปริมาณที่สูง คือ $24.16 \pm 0.50\%$ และ $50.00 \pm 0.39\%$ ตามลำดับ

การแยกส่วนไขมันที่อุณหภูมิตกผลึกต่ำ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง พบว่า น้ำมันเหลว มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลงประมาณ 2.77% นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวของน้ำมันเพิ่มขึ้น 7.98% กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเพิ่มขึ้น 1.88% ขณะที่ไขมันแข็งให้ผลตรงกันข้าม คือ ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น 2.69% และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวลดลง 0.44% กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนลดลง 3.21%

3. Solid Fat Content (SFC) ของน้ำมัน และไขมันวัวแยกส่วน

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันส่วนแข็ง (Solid Fat Content) ของน้ำมันวัวเริ่มต้นและไขมันวัวแยกส่วนเพื่อทราบถึงปริมาณไขมันส่วนแข็งที่มีอยู่เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป โดยวิธี Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) ซึ่งเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าเอนทัลปี (Enthalpy) ของน้ำมัน โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของสารตัวอย่าง วัดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (การดูดหรือคายพลังงาน) ของสารตัวอย่าง เมื่อถูกเพิ่ม (หรือลด) อุณหภูมิ (Hohne, 2004) เพื่อทราบจุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมัน ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 8

ตารางที่ 5 Solid Fat Content (SFC) ของน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C

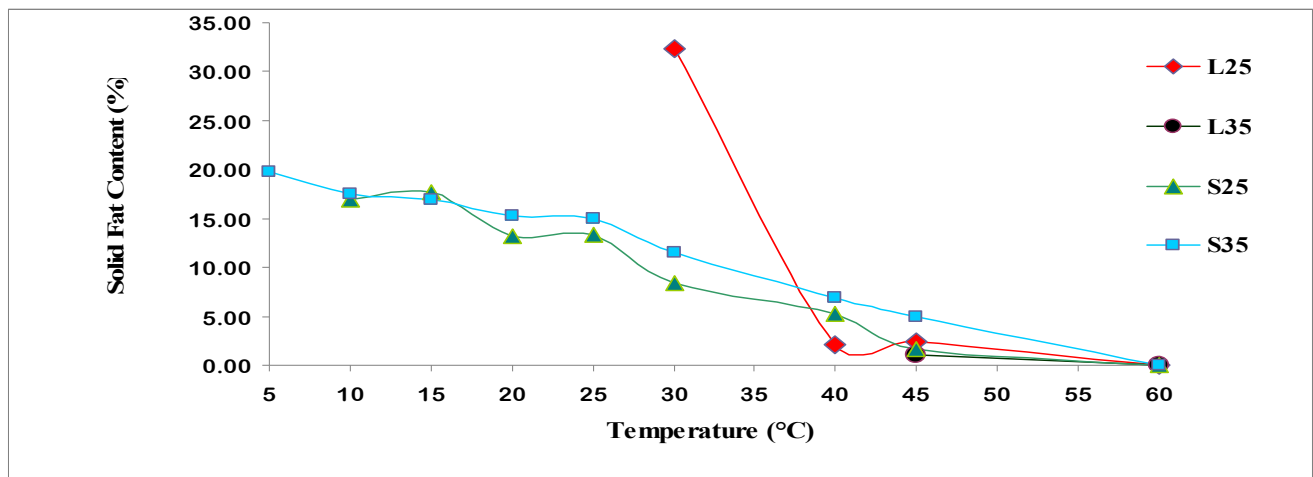
Temperature (°C)	SFC - L25	SFC - L35	SFC - S25	SFC - S35
5	ND	ND	ND	19.67
10	ND	ND	16.83	17.50
15	ND	ND	17.58	16.83
20	ND	ND	13.13	15.33
25	ND	ND	13.24	14.94
30	32.29	ND	8.37	11.50
40	2.16	ND	5.27	6.95
45	2.42	0.98	1.64	4.87
60	0.0	0.0	0.0	0.0

หมายเหตุ

SFC - L25 และ SFC - L35 หมายถึง ค่า solid fat content ของน้ำมันเหลว ที่อุณหภูมิ 25°C และ 35°C

SFC - S25 และ SFC - S35 หมายถึง ค่า solid fat content ของไขมันแข็ง ที่อุณหภูมิ 25°C และ 35°C

ND = Not detected



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของค่า Solid fat content ของน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 35°C และ 25 °C ที่อุณหภูมิต่างๆ

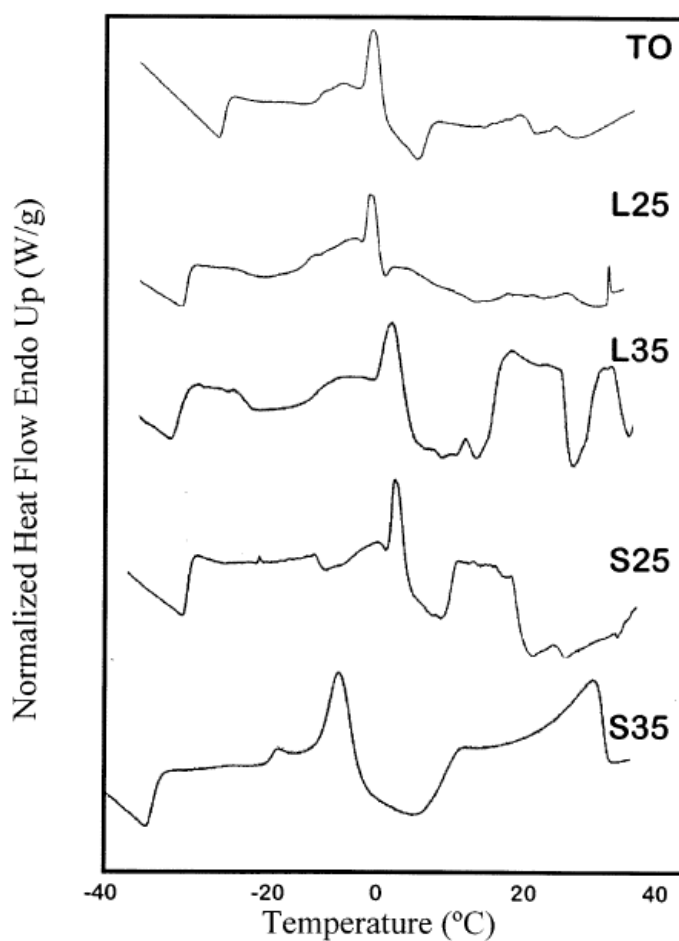
การเปลี่ยนแปลงของ Solid Fat Content (SFC) ต่ออุณหภูมิในน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วน แสดงในตารางที่ 5 และ รูปที่ 13 มีความสอดคล้องกับจุดหลอมเหลว ไขมันแข็งมีค่า SFC ลดลง เมื่อ อุณหภูมิสูงขึ้น ไขมันแข็งแยกส่วนที่อุณหภูมิที่สูงกว่ามีค่า SFC มากกว่าไขมันแข็งแยกส่วนที่ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ไขมันแยกส่วนมี SFC มากกว่าน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิเดียวกัน ไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันเหลวหลอมเหลวในช่วงอุณหภูมิแคบๆ เช่น น้ำมันเหลวที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่ง กลายเป็นของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 45 °C หรือ น้ำมันเหลวที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งกลายเป็น ของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นผลมาจากการแยกส่วนไขมัน ซึ่งเป็นการแยกโดยอาศัย ความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดหลอมเหลว โดยที่อุณหภูมิการตกผลึก 35 °C ไขมันที่มีจุด หลอมเหลวสูงกว่า 35 °C จะกลายเป็นของแข็ง (ไขมันแข็ง) แขนงลอยอยู่ในส่วนของไขมันที่มีจุด หลอมเหลวต่ำกว่า 35 °C ซึ่งเป็นของเหลว (น้ำมันเหลว) จึงทำให้ส่วนน้ำมันเหลวส่วนมาก ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 35 °C จึงเกิดการหลอม ละลายในช่วงอุณหภูมิแคบๆ คือ ประมาณ 35 °C แต่ในส่วนไขมันแข็ง ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ใน ไขมันแข็งเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า 35 °C ทั้งหมด ซึ่งอาจประกอบด้วยไตรกลี เซอไรด์หลายชนิดที่มีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกันมาก จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงค่า SFC ของไขมัน แข็งจึงเป็นการละลายแบบช้าๆ ไปตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแตกต่างจากน้ำมันเหลวที่เป็นการละลาย แบบเร็ว

4. พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันและไขมันแยกส่วน

การวิเคราะห์พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วนเพื่อทราบถึงรูปแบบการหลอมเหลวของไขมัน โดยใช้วิธี Differential Scanning Calorimeter (DSC) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 14

ตารางที่ 6 พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมัน และไขมันแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35 และ 25 °C

Sample	Glass Transition Temperature (T _g °C)	Onset (°C)	End (°C)	Peak Temperature (T _p °C)	Enthalpy (@ H J/g)
TO	-27.279				
Peak 1	-	2.765	8.180	5.350	23.549
Peak 2	-	35.398	40.882	38.266	3.244
Peak 3	-	44.852	48.423	46.266	0.660
L35	-27.622				
Peak 1	-	3.472	10.413	7.183	25.145
Peak 2	-	23.413	36.836	27.433	38.227
Peak 3	-	39.690	45.850	42.433	10.806
S35	-33.857				
Peak 1	-	3.275	7.501	4.933	14.724
Peak 2	-	45.907	49.100	47.433	0.334
L25	-34.364				
Peak 1	-	3.447	7.493	4.933	18.550
Peak 2	-	15.102	29.607	24.433	33.227
Peak 3	-	33.549	37.584	35.766	18.550
S25	-26.117				
Peak 1	-	0.448	8.191	4.683	23.378
Peak 2	-	37.495	49.314	47.183	21.152



รูปที่ 14 พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันและไขมันวัวแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35 และ 25°C

หมายเหตุ

TO หมายถึง น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการแยกส่วน	L25 หมายถึง น้ำมันเหลว ที่อุณหภูมิ 25°C
L35 หมายถึง น้ำมันเหลว ที่อุณหภูมิ 35°C	S25 หมายถึง ไขมันแข็ง ที่อุณหภูมิ 25°C
S35 หมายถึง ไขมันแข็ง ที่อุณหภูมิ 35°C	

จุดหลอมเหลวของน้ำมันวัวและไขมันแยกส่วนแสดงในตารางที่ 6 และรูปที่ 14 พบว่าจุดหลอมเหลวของไขมันวัวหลังจากผ่านการแยกส่วนที่อุณหภูมิต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) น้ำมันเหลวจะมีจุดหลอมเหลวลดลง จาก 38.266°C มาเป็น 27.433 และ 24.433°C ตามลำดับ ในขณะที่ไขมันวัวแข็งจุดหลอมเหลวจะเพิ่มสูงขึ้น จาก 38.266°C เป็น 47.433 และ 47.183°C ตามลำดับ เนื่องจากในกระบวนการแยกส่วนทำให้กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในส่วนของไขมันแข็งมากกว่าน้ำมันเหลว จึงทำให้ไขมันแข็งมีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่าน้ำมันเหลว

ผลการศึกษายอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ และหมั่นโถวที่ใช้ ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวแยกส่วนเป็นองค์ประกอบ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำไขมันหรือน้ำมันวัวแยกส่วนไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่และหมั่นโถว โดยใช้ไขมันแข็งที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (SF35) เรียกแทนว่า ไขมันวัว และน้ำมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (LF35) เรียกแทนว่า น้ำมันวัว เพื่อทดแทนไขมันที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ 6 ชนิด คือ ขนมปังหวาน จีฟฟอนไบเตย คุกกี้ถั่วลิสง โดนัท เค้กเนย และพายชั้น และเพื่อทดแทนเนยขาวที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด

1. ขนมปังหวาน

1.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวาน

3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของขนมปังหวานที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรการผลิตขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวาน 3 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	3.40 ± 0.68^b	4.35 ± 0.56^a	3.55 ± 0.89^b
สี	3.00 ± 0.92^c	4.25 ± 0.64^a	3.70 ± 0.73^b
กลิ่น	3.40 ± 1.14^b	4.25 ± 0.55^a	3.40 ± 0.88^b
ความหนาของเปลือกขนมปัง	3.25 ± 0.85^b	4.10 ± 0.72^a	3.40 ± 0.60^b
ลักษณะโพรงอากาศ	3.50 ± 0.83^b	4.10 ± 0.85^a	3.35 ± 0.99^b
เนื้อสัมผัส	2.95 ± 0.76^b	4.30 ± 0.73^a	3.50 ± 0.76^b
รสชาติ	3.30 ± 0.86^c	4.30 ± 0.80^a	3.55 ± 0.89^b
ความชอบรวม	3.20 ± 0.83^c	4.35 ± 0.81^a	3.75 ± 0.72^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของขนมปังหวานทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 7 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานทั้ง 3 สูตร ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความหนาของเปลือกขนมปังลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติและ ความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานสูตรที่ 2 มากกว่าสูตรอื่น



รูปที่ 15 ขนมปังหวานสูตรที่ 2

1.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ	3.75 ± 0.75^b	3.85 ± 0.54^b	4.33 ± 0.37^a
สี	3.98 ± 0.50^a	4.03 ± 0.75^a	4.18 ± 0.52^a
กลิ่น	3.63 ± 0.51^b	3.70 ± 0.50^b	4.15 ± 0.49^a
ความหนาของเปลือกขนมปัง	3.45 ± 0.65^b	3.80 ± 0.62^a	3.98 ± 0.48^a
ลักษณะโพรงอากาศ	3.10 ± 0.72^b	3.58 ± 0.63^a	3.80 ± 0.70^a
เนื้อสัมผัส	3.20 ± 0.73^c	3.60 ± 0.53^b	4.03 ± 0.60^a
รสชาติ	3.38 ± 0.74^b	3.98 ± 0.55^a	4.02 ± 0.53^a
ความชอบรวม	3.28 ± 0.68^b	3.90 ± 0.50^a	4.23 ± 0.60^a

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด แสดงในตารางที่ 8 พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับสีของขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดไม่แตกต่างกัน แต่ผู้ทดสอบให้การยอมรับคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าผู้ทดสอบยอมรับขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน 0 % มากกว่าสูตรอื่น ดังนั้นจึงทดลองใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณ 0 – 45 % ในขนมปังหวานต่อไป

ตารางที่ 9 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 0 – 45%

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)			
	0	15	30	45
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.90 ± 0.79	4.05 ± 0.69	3.65 ± 0.67	3.70 ± 0.92
สี ^{ns}	3.70 ± 0.80	4.00 ± 0.73	3.50 ± 0.83	3.80 ± 0.83
กลิ่น	3.80 ± 0.95 ^{ab}	4.05 ± 0.60 ^a	3.55 ± 0.89 ^b	3.45 ± 0.83 ^b
ความหนาของเปลือกขนมปัง ^{ns}	3.85 ± 0.59	3.90 ± 0.64	3.75 ± 0.72	3.60 ± 0.75
ลักษณะโพรงอากาศ ^{ns}	3.40 ± 0.60	3.55 ± 0.60	3.50 ± 0.51	3.20 ± 0.89
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.50 ± 0.76	3.80 ± 0.83	3.75 ± 0.72	3.35 ± 1.14
รสชาติ ^{ns}	3.85 ± 0.49	4.05 ± 0.51	3.80 ± 0.70	3.65 ± 0.75
ความชอบรวม ^{ns}	3.85 ± 0.67	4.10 ± 0.85	3.60 ± 0.68	3.45 ± 0.76

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 0 – 45% แสดงในตารางที่ 9 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับต่อขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่การยอมรับในคุณลักษณะด้านกลิ่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน 0 – 15% มากกว่าสูตรอื่น ดังนั้นไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณ 15 %

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% บรรจุถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 10, 11 และ 12

ตารางที่ 10 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)		
	0	2	4
ลักษณะปรากฏ	4.20 ± 0.77^a	4.10 ± 0.64^a	3.45 ± 0.6^b
สี	4.35 ± 0.75^a	4.20 ± 0.7^a	3.25 ± 0.79^b
กลิ่น	4.05 ± 0.69^a	3.50 ± 0.95^b	2.40 ± 0.95^c
ความหนาของเปลือกขนมปัง ^{ns}	3.90 ± 0.45	3.85 ± 0.67	3.90 ± 0.45
ลักษณะโพรงอากาศ	3.65 ± 0.81^a	3.85 ± 0.75^a	2.65 ± 0.81^b
เนื้อสัมผัส	3.90 ± 0.72^a	3.70 ± 0.8^a	2.85 ± 0.99^b
รสชาติ	3.95 ± 0.51^a	3.85 ± 0.67^a	2.55 ± 1.39^b
ความชอบรวม	4.05 ± 0.6^a	3.96 ± 0.76^a	2.85 ± 1.04^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

ผลการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง แสดงในตารางที่ 10 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15 % ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องนาน 0, 2 และ 4 วัน ในด้านความหนาของเปลือกขนมปังไม่แตกต่างอย่างกัน แต่ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่มีอายุการเก็บ 0 วันมากที่สุด สามารถเก็บรักษาขนมปังหวานที่อุณหภูมิห้องได้นาน 2 วันโดยมีแต่คุณลักษณะด้านกลิ่นด้อยลง และพบการเน่าเสียของขนมปังหวานที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน



รูปที่ 16 ขนมปังหวานที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องนาน 5 วัน

ตารางที่ 11 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ	4.20 ± 0.77	4.05±3.95	3.95±0.69	3.80±0.70	3.65±0.67
สี	4.35 ± 0.75 ^a	4.00±0.73 ^{ab}	3.65±0.49 ^b	3.80±0.62 ^b	3.60±0.75 ^b
กลิ่น	4.05 ± 0.69 ^a	3.80±0.77 ^b	2.75±0.75 ^b	2.50±1.32 ^b	2.20±0.83 ^b
ความหนาของเปลือกขนมปัง	3.90 ± 0.45	3.75±0.72	3.55±0.89	3.45±0.76	3.55±0.76
ลักษณะโพรงอากาศ	3.65 ± 0.81 ^a	3.70±0.86 ^a	3.55±0.51 ^a	3.10±0.61 ^b	2.75±0.44 ^b
เนื้อสัมผัส	3.90 ± 0.72 ^a	3.95±0.89 ^a	2.80±0.83 ^b	2.40±1.31 ^{bc}	1.95±0.69 ^c
รสชาติ	3.95 ± 0.51 ^a	3.39±0.94 ^a	2.85±0.81 ^b	2.95±1.05 ^b	2.10±0.55 ^c
ความชอบรวม	4.05 ± 0.60 ^a	4.00±0.86 ^a	3.30±0.80 ^b	3.35±0.67 ^{bc}	2.55±0.69 ^c

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3°C) แสดงในตารางที่ 11 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 15 % ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 3°C นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความหนาของเปลือกขนมปังไม่แตกต่างกัน แต่ในด้าน สี กลิ่น ลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ผลิตใหม่มากที่สุด สามารถเก็บรักษานขนมปังหวานในอุณหภูมิตู้เย็น (3°C) ได้นาน 1 สัปดาห์ โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านกลิ่นลดลง แต่มีลักษณะอื่นๆเหมือนกับขนมปังหวานที่ผลิตใหม่ การเก็บขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 15 % บรรจุถุงโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 3°C) สามารถเก็บได้นาน 4 สัปดาห์ โดยไม่ปรากฏลักษณะเน่าเสีย

ตารางที่ 12 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (-18°C)

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.20 ± 0.77	4.15±0.67	4.05±0.60	4.30±0.66	3.80±0.70
สี	4.35 ± 0.75 ^a	4.15±0.59 ^a	3.95±0.76 ^a	4.25±0.79 ^a	3.60±0.68 ^b
กลิ่น	4.05 ± 0.69 ^a	3.75±0.72 ^a	3.75±1.02 ^a	3.75±0.55 ^a	3.10±0.79 ^b
ความหนาของเปลือกขนมปัง	3.90 ± 0.45 ^a	3.85±0.81 ^a	3.45±0.69 ^b	3.55±0.60 ^a	3.05±0.60 ^b
ลักษณะโพรงอากาศ	3.65 ± 0.81 ^a	3.90±0.91 ^a	3.20±0.77 ^b	3.65±0.67 ^a	2.80±0.52 ^b
เนื้อสัมผัส	3.90 ± 0.72 ^a	3.90±0.97 ^a	3.85±0.75 ^a	4.10±0.55 ^a	2.80±0.62 ^b
รสชาติ	3.95 ± 0.51 ^a	3.70±0.73 ^{ab}	3.40±0.75 ^b	3.50±0.61 ^b	2.85±0.49 ^c
ความชอบรวม	4.05 ± 0.60 ^a	3.85±0.81 ^{ab}	3.50±0.61 ^b	3.85±0.67 ^{ab}	3.55±0.51 ^{ab}

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อขนมปังหวานที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 15% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) แสดงในตารางที่ 12 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 15 % ในด้านลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน แต่ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น ความหนาของเปลือกขนมปัง ลักษณะโพรงอากาศ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับขนมปังหวานที่ผลิตใหม่และที่แช่แข็ง (-18°C) เป็นเวลา 1 สัปดาห์มากที่สุด สามารถเก็บรักษาขนมปังหวานในสภาพแช่แข็ง (-18°C) ได้นาน 4 สัปดาห์ โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบของบางคุณลักษณะที่ลดลงเล็กน้อย การเก็บขนมปังหวานที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 15 % บรรจุถุงโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บสภาพแช่แข็งสามารถเก็บได้นาน 4 สัปดาห์ โดยไม่ปรากฏลักษณะเน่าเสีย

2. ลูกกัถั่วลิสง

2.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกกัถั่วลิสง 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของลูกกัถั่วลิสงที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรการผลิตลูกกัถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกกัถั่วลิสง 3 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.60 ± 0.75	3.50 ± 0.61	3.80 ± 0.62
สี ^{ns}	3.70 ± 0.80	3.75 ± 0.55	4.05 ± 0.51
กลิ่น ^{ns}	3.95 ± 0.39	3.95 ± 0.72	3.85 ± 0.81
รสชาติ	3.55 ± 0.51 ^b	3.40 ± 0.68 ^b	4.10 ± 0.70 ^a
เนื้อสัมผัส	3.60 ± 0.50 ^b	3.50 ± 0.61 ^b	4.00 ± 0.65 ^a
ความชอบรวม	3.70 ± 0.47 ^b	3.60 ± 0.50 ^b	4.25 ± 0.55 ^a

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกกัถั่วลิสงทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 13 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับลูกกัถั่วลิสง 3 สูตร ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับลูกกัถั่วลิสงสูตรที่ 3 มากกว่าสูตรอื่น

2.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกกัถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ลูกกัถั่วลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกก๊อวลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ	3.65 ± 0.93^b	4.45 ± 0.60^a	3.60 ± 1.05^b
สี	3.30 ± 0.92^b	4.30 ± 0.66^a	3.45 ± 0.94^b
กลิ่น ^{ns}	3.60 ± 0.82	3.90 ± 0.55	3.90 ± 0.55
รสชาติ ^{ns}	3.80 ± 0.83	3.95 ± 0.51	4.05 ± 0.83
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.65 ± 0.81	3.75 ± 0.85	3.45 ± 0.89
ความชอบรวม	3.50 ± 1.05^b	4.05 ± 0.60^a	3.55 ± 0.94^b

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกก๊อวลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด แสดงในตารางที่ 14 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับลูกก๊อวลิสงที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน ในด้าน กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับลูกก๊อวลิสงที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50% จึงทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อลูกก๊อวลิสงที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50 – 100 % ต่อไป

ตารางที่ 15 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกก๊อวลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50 – 100%

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)					
	50	60	70	80	90	100
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.50 ± 0.95	3.70 ± 0.72	3.60 ± 0.83	3.40 ± 0.94	3.95 ± 0.60	3.80 ± 0.77
สี	3.65 ± 0.99 ^{abc}	3.85 ± 0.99 ^{a b}	3.40 ± 0.75 ^{bc}	3.30 ± 0.91 ^c	4.15 ± 0.60 ^a	3.90 ± 0.72 ^{a b}
กลิ่น ^{ns}	3.95 ± 0.65	3.85 ± 0.64	3.80 ± 0.52	4.00 ± 0.56	4.15 ± 0.59	4.00 ± 0.51
รสชาติ ^{ns}	3.90 ± 0.95	3.80 ± 0.70	3.85 ± 0.59	3.80 ± 0.62	4.00 ± 0.65	4.00 ± 0.56
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.60 ± 0.94	3.85 ± 0.88	3.90 ± 1.12	3.70 ± 0.98	4.05 ± 0.69	3.95 ± 0.89
ความชอบรวม ^{ns}	3.55 ± 0.83	3.70 ± 0.73	3.60 ± 0.88	3.60 ± 0.75	3.95 ± 0.56	4.00 ± 0.72

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อลูกก๊อวลิสงที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 50 – 100% แสดงในตารางที่ 15 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับลูกก๊อวลิสงที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่มีความพึงพอใจในด้าน สี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสีของลูกก๊อวลิสงเป็นผลมาจากการอบลูกก๊อวลิสงในปริมาณที่มาก (6 สูตร) ทำให้ความสม่ำเสมอของสีลูกก๊อวลิสงแต่ละสูตรไม่เหมือนกัน สามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในการผลิตลูกก๊อวลิสงได้ 100%



รูปที่ 17 ลูกก๊อวลิสงที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด

3. เด็กเนย

3.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนย 3 สูตร ที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของเค้กเนยที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรการผลิตเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนย 3 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.75±0.72	3.75±0.85	3.40 ±0.82
สี ^{ns}	3.95±0.60	4.20±0.62	3.80 ±0.77
กลิ่น ^{ns}	4.00±0.73	3.40 ±1.19	3.85 ±0.81
รสชาติ ^{ns}	4.10±0.79	3.95±0.83	3.75 ±0.97
เนื้อสัมผัส	4.15±0.88 ^a	4.05±0.69 ^a	3.40 ±0.99 ^b
ขอบผิวเค้ก ^{ns}	3.45±0.69	3.65±0.49	3.20 ±0.83
ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ	3.75±0.97 ^a	3.45±0.76 ^{ab}	3.10 ±0.64 ^b
ความชอบรวม	4.05±0.69 ^a	3.65±0.93 ^{ab}	3.30±0.98 ^b

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 16 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยทั้ง 3 สูตรในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและขอบผิวเค้ก ไม่แตกต่างกัน แต่ในคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ความสม่ำเสมอของฟองอากาศและความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยสูตรที่ 1 และ 2 มากกว่าสูตรที่ 3 เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตสูตรที่ 1 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าสูตรที่ 2 จึงเลือกสูตรที่ 1 มาทำการศึกษาการใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสดต่อไป

3.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.70±0.73	3.55±0.60	3.65±0.67
สี ^{ns}	3.95±0.39	3.90±0.55	3.75±0.55
กลิ่น ^{ns}	3.85±0.67	3.90±0.79	4.00±0.65
รสชาติ	3.95±1.00	3.90±0.64	3.80±0.67
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.90±0.97	3.70±0.66	3.70±0.73
ขอบผิวเค้ก ^{ns}	3.50±0.95	3.50±0.89	3.25±0.72
ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ^{ns}	3.55±0.60	3.45±0.69	3.85±0.75
ความชอบรวม ^{ns}	3.70±1.03	3.75±0.79	3.65±0.59

หมายเหตุ

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด แสดงในตารางที่ 17 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกันด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ขอบผิวเค้ก ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ และความชอบรวม ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในการผลิตเค้กเนยได้ 100%



A



B



C

รูปที่ 18 เค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด (A 0 %, B 50% และ C 100%)

3.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์เค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 18, 19 และ 20

ตารางที่ 18 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้
ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.10±0.64	3.85±0.67	3.90±0.72	3.90±0.68	3.50±0.61
สี ^{ns}	4.10±0.55	4.00±0.65	3.85±0.75	3.90±0.72	3.70±0.73
กลิ่น	4.15±0.49 ^a	4.05±0.60 ^a	3.95±0.76 ^a	3.75±0.72 ^a	3.15±0.75 ^b
รสชาติ	4.05±0.69 ^a	3.95±0.60 ^{ab}	3.85±0.67 ^{ab}	3.65±0.59 ^b	3.20±0.52 ^c
เนื้อสัมผัส	4.15±0.59 ^a	4.00±0.65 ^a	3.90±0.64 ^a	3.30±0.66 ^b	3.10±0.64 ^b
ขอบผิวเค้ก ^{ns}	3.80±0.62	3.70±0.66	3.70±0.57	3.60±0.60	3.60±0.68
ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ^{ns}	3.80±0.62	3.75±0.55	3.70±0.57	3.80±0.52	3.60±0.68
ความชอบรวม	4.05±0.60 ^a	4.00±0.56 ^a	3.80±0.70 ^a	3.65±0.59 ^a	3.10±0.72 ^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงในตารางที่ 18 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง นาน 0, 1, 2, 3 และ 4 วัน ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี ขอบนอก และความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก เก็บที่อุณหภูมิห้อง 0 -2 วันมากที่สุด สามารถเก็บรักษาเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก สามารถเก็บได้นาน 4 วันโดยไม่เน่าเสีย

ตารางที่ 19 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)					
	0	3	6	9	12	15
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.90±0.64	3.75±0.55	3.75±0.72	3.65±0.67	3.55±0.60	3.50±0.51
สี ^{ns}	3.95±0.60	3.95±0.5	3.95±0.69	3.85±0.75	3.85±0.67	3.85±0.49
กลิ่น	4.20±0.52 ^a	4.00±0.56 ^{ab}	3.95±0.76 ^{ab}	3.65±0.59 ^{ac}	3.40±0.60 ^{cd}	3.05±0.51 ^d
รสชาติ	4.20±0.62 ^a	3.85±0.59 ^b	3.85±0.67 ^b	3.65±0.59 ^b	3.55±0.51 ^b	3.00±0.56 ^c
เนื้อสัมผัส	4.10±0.79 ^a	3.85±0.67 ^a	3.85±0.75 ^a	3.40±0.60 ^b	3.20±0.52 ^b	3.00±0.65 ^b
ขอบฟิวเค็ก ^{ns}	3.90±0.64	3.80±0.62	3.65±0.59	3.55±0.60	3.55±0.69	3.55±0.51
ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ^{ns}	3.90±0.64	3.80±0.52	3.75±0.55	3.75±0.55	3.65±0.49	3.50±0.51
ความชอบรวม	3.95±0.60 ^a	3.90±0.55 ^{ab}	3.75±0.64 ^{ab}	3.60±0.60 ^{bc}	3.25±0.72 ^{cd}	3.00±0.73 ^d

หมายเหตุ

a, b, c, d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3°C) แสดงในตารางที่ 19 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี ขอบฟิวเค็ก และความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติกที่ทำเสร็จใหม่ ๆ มากที่สุด สามารถเก็บรักษาเค้กเนยที่อุณหภูมิตู้เย็น (3°C) ได้นาน 6 วัน โดยมีแต่มีคะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านรสชาติน้อยกว่าที่อายุการเก็บ 0 วัน

ตารางที่ 20 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C)

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
ลักษณะปรากฏ	3.95±0.60 ^a	3.90±0.64 ^a	3.90±0.64 ^a	3.70±0.66 ^a	3.60±0.60 ^a	3.70±0.47 ^a
สี	3.95±0.51 ^a	3.90±0.64 ^a	3.90±0.72 ^a	3.90±0.72 ^a	3.80±0.70 ^a	3.75±0.55 ^a
กลิ่น	4.15±0.49 ^a	4.05±0.60 ^a	3.95±0.76 ^a	3.95±0.60 ^a	3.95±0.60 ^a	3.95±0.83 ^a
รสชาติ	4.00±0.65 ^a	3.90±0.55 ^a	3.85±0.59 ^a	3.80±0.62 ^a	3.65±0.49 ^a	3.30±0.57 ^a
เนื้อสัมผัส	4.05±0.69 ^a	3.90±0.64 ^{ab}	3.85±0.75 ^{ab}	3.75±0.72 ^{ab}	3.50±0.51 ^{bc}	3.20±0.41 ^c
ขอบผิวเล็ก	3.70±0.57 ^a	3.70±0.66 ^a	3.65±0.59 ^a	3.55±0.51 ^a	3.55±0.51 ^a	3.60±0.68 ^a
ความสม่ำเสมอของฟองอากาศ	3.90±0.55 ^a	3.80±0.52 ^a	3.75±0.64 ^a	3.75±0.55 ^a	3.60±0.68 ^a	3.55±0.51 ^a
ความชอบรวม	4.05±0.60 ^a	4.00±0.56 ^a	3.80±0.70 ^{ab}	3.75±0.64 ^{ab}	3.45±0.51 ^{bc}	3.20±0.70 ^c

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) แสดงในตารางที่ 20 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ขอบนอก และความสม่ำเสมอของฟองอากาศ ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติกที่มีอายุการเก็บ 0 - 3 สัปดาห์มากที่สุด สามารถเก็บรักษาเค้กเนยที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติกได้นาน 5 สัปดาห์โดยมีคะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมน้อยกว่าที่ผลิตใหม่

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว

1. หมั่นโถว

1.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมั่นโถว 4

สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของหมั่นโถวที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้ในเป็นสูตรการผลิตหมั่นโถวที่มีการใช้แป้งต่างชนิดกัน เพื่อหาว่าผู้ทดสอบชอบหมั่นโถวที่ทำจากแป้งสาลียี่ห้อใดมากกว่า เพื่อนำไปใช้ในการผลิตหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมั่นโถว 4 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.75± 0.64	3.65± 0.99	3.30± 0.86	3.25± 0.79
สี	4.30± 0.73 ^a	3.90± 1.21 ^{ab}	3.40± 0.88 ^{bc}	3.25± 1.02 ^c
กลิ่น	3.60± 0.88 ^a	3.20± 0.70 ^{ab}	3.50± 0.83 ^a	2.85± 1.09 ^b
รสชาติ	3.25± 1.12 ^b	3.25± 1.16 ^b	4.00± 1.03 ^a	2.40± 1.10 ^c
การขึ้นฟู ^{ns}	3.60± 1.35	3.50± 0.76	3.85± 1.04	3.30± 1.38
เนื้อสัมผัส	3.65± 1.23 ^a	3.20± 1.28 ^a	3.70± 1.08 ^a	2.60± 0.99 ^b
ความชอบรวม	3.85± 0.93 ^a	3.40± 1.05 ^a	3.85± 0.99 ^a	2.75± 0.91 ^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมั่นโถวทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 21 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับหมั่นโถว 4 สูตร ในด้าน ลักษณะปรากฏ การขึ้นฟู ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับหมั่นโถวสูตรที่ 1 และ 2 ในคุณลักษณะต่างๆ ไม่แตกต่างกันแต่มีรสชาติดีกว่าสูตรที่ 3 ส่วนสูตรที่ 3 มีสีดีกว่าสูตรอื่นๆ แต่ต้องปรับปรุงในด้านสี เมื่อพิจารณาส่วนประกอบในสูตร พบว่า สูตรที่ 1-2 ใช้แป้งบัวแดง สูตร 3 ใช้แป้งกิเลนเหลือง ดังนั้นการที่หมั่นโถวสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ให้สีที่ผู้ทดสอบพึงพอใจอาจเนื่องมาจากแป้งต่างชนิดกัน สูตรที่ 3 มี

รสชาติที่ผู้ทดสอบพึงพอใจ จึงทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถวสูตรที่ 3 แต่ใช้แป้งบัวแดงและแป้งกิเลนเหลืองเพื่อเปรียบเทียบ

1.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถวที่ใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์หมันโถวที่มีการใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของหมันโถวที่ใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อกัน

คุณลักษณะ	แป้ง	
	กิเลนเหลือง	บัวแดง
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.75± 0.97	4.05± 0.83
สี ^{ns}	3.65± 0.67	3.85± 0.75
กลิ่น ^{ns}	3.60± 0.75	3.90± 0.55
รสชาติ ^{ns}	3.70± 0.66	4.00± 0.65
การขึ้นฟู	3.05± 0.76 ^b	3.45± 0.76 ^a
เนื้อสัมผัส	3.15± 0.67 ^b	3.65± 0.67 ^a
ความชอบรวม	3.40± 0.75 ^b	4.10± 0.72 ^a

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถวที่ใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อ แสดงในตารางที่ 22 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับหมันโถวที่ใช้แป้งสาลีต่างยี่ห้อกัน ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านการขึ้นฟู เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับหมันโถวที่ใช้แป้งสาลีตราบัวแดงมากกว่าตรากิเลนเหลือง

1.3 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถว ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์หมันโถวที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถวที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ	4.15± 0.75 ^a	3.35± 0.67 ^b	3.70± 0.47 ^b
สี ^{ns}	4.10± 0.45	3.95± 0.60	3.85± 0.59
กลิ่น ^{ns}	3.55± 0.60	3.55± 0.69	3.45± 0.51
รสชาติ	4.00± 0.32 ^a	3.45± 0.69 ^b	3.30± 0.66 ^b
การขึ้นฟู	3.90± 0.64 ^a	3.25± 0.55 ^b	3.40± 0.75 ^b
เนื้อสัมผัส	4.50± 0.61 ^a	3.80± 0.83 ^b	4.00± 0.73 ^b
ความชอบรวม	4.10± 0.45 ^a	3.35± 0.59 ^b	3.45± 0.60 ^b

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อหมันโถวที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว แสดงในตารางที่ 23 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับหมันโถวที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาวในปริมาณต่างกัน คุณลักษณะด้าน สี และกลิ่น ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ การขึ้นฟู เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับหมันโถวที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยขาว 100 %มากกว่าสูตรอื่น

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดและเพสตรี้มาร์جرين

1. พายชั้น

1.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้น ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ	3.70±0.66 ^a	3.65±0.81 ^a	3.05±1.19 ^b
สีเปลือกพาย	3.85±0.75 ^a	3.65±0.59 ^{ab}	3.30±0.86 ^b
รสชาติ ^{ns}	3.70±0.66	3.40±0.50	3.60±0.88
ความกรอบ	3.70±0.66 ^a	3.30±0.57 ^b	3.45±0.83 ^{ab}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.70±0.57	3.60±0.60	3.30±0.66
ความชอบรวม ^{ns}	3.70±0.66	3.20±0.52	3.35±0.88

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด แสดงในตารางที่ 24 ไม่พบความแตกต่างในการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างอย่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย และ ความกรอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % ไม่แตกต่างจากพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 0 และ 50%

1.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้น ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีนในปริมาณต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีนในปริมาณที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 25 และ 26

ตารางที่ 25 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีนในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ	1.95±1.05 ^b	1.95±1.10 ^b	3.50±0.89 ^a
สีเปลือกพาย	2.50±0.95 ^b	2.05±1.05 ^b	3.75±0.91 ^a
รสชาติ	2.30±1.34 ^b	2.25±1.21 ^b	3.45±1.00 ^a
ความกรอบ	2.40±1.43 ^b	2.50±1.54 ^b	3.35±0.75 ^a
เนื้อสัมผัส	2.10±1.29 ^b	2.05±1.36 ^b	3.15±0.67 ^a
ความชอบรวม	2.30±1.13 ^b	2.35±1.50 ^b	3.50±0.83 ^a

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีน แสดงในตารางที่ 25 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีนในปริมาณต่างกันของคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย รสชาติ ความกรอบ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีน 0 % มากที่สุด ดังนั้นจึงศึกษาการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มาการีน 0 – 45 % ต่อไป

ตารางที่ 26 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มากกว่า 0 – 45%

คุณลักษณะ	ไขมันวัว (% w/w)			
	0	15	30	45
ลักษณะปรากฏ	3.45±1.00 ^a	3.40±0.94 ^a	2.65±0.99 ^b	2.40±0.99 ^b
สีเปลือกพาย	3.50±0.95 ^a	3.60±0.99 ^a	2.90±0.97 ^b	2.50±1.00 ^c
รสชาติ	3.85±0.75 ^a	3.65±0.88 ^{ab}	3.00±0.73 ^c	3.25±1.02 ^{bc}
ความกรอบ ^{ns}	3.80±1.06	3.60±0.94	3.15±1.09	3.15±1.14
เนื้อสัมผัส	3.60±0.82 ^a	3.55±0.89 ^a	2.95±1.13 ^{ab}	3.20±1.11 ^b
ความชอบรวม ^{ns}	3.55±0.83	3.55±0.94	3.15±0.75	3.00±0.97

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มากกว่า 0 – 45% แสดงในตารางที่ 26 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเพสตรี้มากกว่า 0 – 45 % ด้านความกรอบและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย รสชาติ และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเพสตรี้มากกว่า 0 - 15 % แสดงว่าสามารถใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดที่เป็นส่วนผสมในตัวแป้งได้ 100% แต่ถ้าต้องการนำมาใช้ทดแทนเพสตรี้มากกว่า 15 % เท่านั้น

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดบรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์พายชั้นที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% บรรจุถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 27, 28 และ 29

ตารางที่ 27 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้
ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)			
	0	5	10	15
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.00 ± 0.79	4.00 ± 0.73	3.90 ± 0.85	3.85 ± 0.75
สีเปลือกพาย ^{ns}	4.05 ± 0.76	3.85 ± 0.81	4.00 ± 0.73	3.80 ± 0.83
กลิ่น ^{ns}	3.90 ± 0.79	3.70 ± 0.66	3.60 ± 0.82	3.30 ± 0.80
รสชาติ	4.05 ± 0.69 ^a	3.60 ± 0.68 ^b	3.35 ± 0.67 ^b	3.25 ± 0.72 ^b
ความกรอบ	3.95 ± 0.89 ^a	3.60 ± 0.88 ^{ab}	3.15 ± 0.88 ^{bc}	3.05 ± 0.89 ^c
เนื้อสัมผัส	3.85 ± 0.75 ^a	3.55 ± 0.76 ^{ab}	3.10 ± 0.64 ^{bc}	2.75 ± 0.85 ^c
ความชอบรวม ^{ns}	3.95 ± 0.60	3.60 ± 0.82	3.55 ± 0.89	3.35 ± 0.81

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงในตารางที่ 27 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด ในด้าน ลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย กลิ่น และความชอบรวม ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านรสชาติ ความกรอบ และเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบให้การยอมรับที่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน ที่มีอายุการเก็บ 0 – 5 วัน แต่อย่างไรก็ตามพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดสามารถเก็บได้นาน 15 วันโดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบต่อคุณลักษณะบางอย่าง เช่น ความกรอบและเนื้อสัมผัส น้อยลง

ตารางที่ 28 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้
ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.90 ± 1.07	3.85 ± 0.75	3.60 ± 0.88	3.40 ± 0.82	3.45 ± 0.94
สีเปลือกพาย ^{ns}	3.95 ± 0.76	4.00 ± 0.73	3.90 ± 0.79	3.70 ± 0.80	3.75 ± 1.02
กลิ่น	4.10 ± 0.79 ^a	3.75 ± 0.85 ^{ab}	3.30 ± 0.86 ^{bc}	3.10 ± 0.79 ^c	3.00 ± 0.79 ^c
รสชาติ ^{ns}	4.05 ± 0.76	4.00 ± 0.65	3.80 ± 0.95	3.95 ± 0.76	3.70 ± 0.92
ความกรอบ	3.95 ± 0.83 ^a	3.85 ± 0.81 ^a	3.30 ± 0.86 ^b	3.10 ± 0.72 ^b	3.20 ± 1.01 ^b
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.80 ± 0.62	3.65 ± 0.75	3.45 ± 0.94	3.15 ± 1.18	3.15 ± 0.93
ความชอบรวม	3.90 ± 0.79 ^a	3.90 ± 0.72 ^a	3.50 ± 0.95 ^{ab}	3.30 ± 0.92 ^b	3.05 ± 0.76 ^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3°C) แสดงในตารางที่ 28 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % ในด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย รสชาติ และ เนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านกลิ่น ความกรอบ และความชอบรวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด บรรจุถุงโพลีโพรพิลีนปิดผนึกด้วยความร้อน ที่มีอายุการเก็บ 0 – 1 สัปดาห์ สามารถเก็บรักษาพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสดได้นาน 4 สัปดาห์ โดยมีคะแนนเฉลี่ยความชอบต่อคุณลักษณะบางอย่าง เช่น กลิ่นและรสชาติน้อยลง

ตารางที่ 29 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อพายชั้นที่มีการใช้
ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C)

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.10 ± 0.72	3.95 ± 0.69	3.70 ± 0.86	3.90 ± 0.91	3.75 ± 0.97
สีเปลือกพาย ^{ns}	4.05 ± 0.76	3.85 ± 0.93	3.90 ± 0.91	3.75 ± 0.85	3.85 ± 0.99
กลิ่น ^{ns}	3.95 ± 0.83	3.85 ± 0.81	3.65 ± 0.88	3.70 ± 0.92	3.55 ± 0.94
รสชาติ ^{ns}	4.00 ± 0.73	3.90 ± 0.79	3.70 ± 0.86	3.80 ± 1.01	3.85 ± 0.93
ความกรอบ	4.00 ± 0.86 ^a	3.95 ± 0.76 ^a	3.65 ± 0.93 ^{ab}	3.35 ± 1.09 ^b	3.15 ± 1.14 ^b
เนื้อสัมผัส	3.90 ± 0.79 ^a	3.80 ± 0.77 ^a	3.45 ± 0.94 ^{ab}	3.05 ± 1.00 ^b	3.15 ± 0.99 ^b
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.00 ± 0.65	3.80 ± 0.77	3.85 ± 0.88	3.75 ± 0.79	3.75 ± 0.91

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อเค้กเนยที่มีการใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) แสดงในตารางที่ 29 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % ในด้านลักษณะปรากฏ สีเปลือกพาย กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านความกรอบ และเนื้อสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับพายชั้นที่ใช้ไขมันวัวทดแทนเนยสด 100 % บรรจุถุงโพลีโพรพิลีน ปิดผนึกด้วยความร้อน ที่มีอายุการเก็บ 0 – 2 สัปดาห์



รูปที่ 19 พายชั้นที่เก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง (-18°C) นาน 4 สัปดาห์

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนส่วนของไขมันในผลิตภัณฑ์

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช

1. ชีฟอนใบเตย

1.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชีฟอนใบเตย

3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของชีฟอนใบเตยที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรการผลิตชีฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชีฟอนใบเตย 3 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	4.40±0.75 ^a	3.40±0.82 ^b	3.40±0.60 ^b
สี ^{ns}	3.80±0.52	3.95±0.69	3.75±0.55
กลิ่น ^{ns}	3.60±0.75	3.85±0.81	3.85±0.67
รสชาติ ^{ns}	4.30±0.73	3.85±0.75	3.75±0.72
เนื้อสัมผัส ^{ns}	4.00±0.73	3.65±0.59	3.65±0.75
ความชอบรวม ^{ns}	4.05±0.89	3.65±0.75	3.65±0.59

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อชีฟอนใบเตยทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 30 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับชีฟอนใบเตยทั้ง 3 สูตรในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับชีฟอนใบเตยสูตร 1 มากกว่าสูตรอื่น ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตรชีฟอนใบเตยสูตรที่ 1 ในการศึกษาคุณลักษณะของชีฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช

1.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนใบเตยที่มีใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืชในปริมาณที่ต่างกัน 3 ระดับ

คุณลักษณะ	น้ำมันวัว (%)		
	100	50	0
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.10±0.72	3.80±0.70	3.85±0.67
สี	4.25±0.72 ^a	3.90±0.85 ^b	3.60±0.88 ^b
กลิ่น ^{ns}	3.90±0.79	3.55±0.83	3.50±0.69
รสชาติ ^{ns}	4.15±0.49	4.00±0.65	3.90±0.85
เนื้อสัมผัส ^{ns}	4.00±0.65	4.00±0.73	3.95±0.83
ความชอบรวม ^{ns}	4.00±0.56	3.70±0.73	3.65±0.81

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช แสดงในตารางที่ 31 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100 % มากกว่าซิฟฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 0 และ 50%



A



B

รูปที่ 20 ชิฟฟอนไบเตยที่ใช้น้ำมันวัว A. 0 % และ B. 100%

1.3 ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช ห่อด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์และกระดาษกันไขมัน เก็บที่อุณหภูมิต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ห่อด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์และกระดาษกันไขมัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 32, 33 และ 34

ตารางที่ 32 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟฟอนไบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)			
	0	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	4.40 ± 0.5^{ab}	4.65 ± 0.49^a	4.05 ± 0.69^b	3.70 ± 0.98^c
สี	4.65 ± 0.49^a	4.65 ± 0.49^a	3.95 ± 0.69^b	3.10 ± 0.91^c
กลิ่น	4.20 ± 0.77^{ab}	4.50 ± 0.51^a	4.00 ± 0.92^{bc}	3.60 ± 0.88^c
รสชาติ	4.25 ± 0.72^{ab}	4.40 ± 0.50^a	4.10 ± 0.31^{abc}	3.70 ± 0.73^c
เนื้อสัมผัส	4.25 ± 0.44^a	4.50 ± 0.51^a	3.75 ± 0.55^b	3.30 ± 0.66^c
ความชอบรวม	4.40 ± 0.50^a	4.60 ± 0.50^a	3.95 ± 0.69^b	3.60 ± 0.68^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนไบเบตที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงในตารางที่ 32 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนไบเบตที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100 % ห่อด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์และกระดาษกันไขมัน ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนไบเบตที่มีอายุการเก็บ 0 และ 1 วันมากที่สุด

ตารางที่ 33 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนไบเบตที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°C

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (วัน)			
	0	2	4	6
ลักษณะปรากฏ	4.75 ± 0.44^a	4.65 ± 0.49^a	4.05 ± 0.69^b	3.70 ± 0.98^c
สี	4.50 ± 0.51^a	4.65 ± 0.49^a	3.95 ± 0.69^b	3.10 ± 0.91^c
กลิ่น	4.35 ± 0.75^{ab}	4.50 ± 0.51^a	4.00 ± 0.92^b	3.60 ± 0.88^c
รสชาติ	4.45 ± 0.51^a	4.40 ± 0.50^a	4.10 ± 0.31^b	3.70 ± 0.73^c
เนื้อสัมผัส	4.60 ± 0.50^a	4.50 ± 0.51^a	3.75 ± 0.55^b	3.30 ± 0.66^c
ความชอบรวม	4.60 ± 0.50^a	4.60 ± 0.50^a	3.95 ± 0.69^b	3.60 ± 0.68^b

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อซิฟฟอนไบเบตที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (3°C) แสดงในตารางที่ 33 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนไบเบตที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100 % ห่อด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์และกระดาษกันไขมัน ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิตู้เย็น (3°C) ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับซิฟฟอนไบเบตที่ใช้น้ำมันวัวแยกส่วนทดแทนน้ำมันพืช 100 % ห่อด้วยแผ่นพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์และกระดาษกันไขมัน ที่มีอายุการเก็บ 0 - 2 วันมากที่สุด

ตารางที่ 34 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่ใช้
น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C)

คุณลักษณะ	อายุการเก็บ (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.75 ± 0.44	4.65 ± 0.67	4.60 ± 0.68	4.60 ± 0.60	4.55 ± 0.76
สี	4.65 ± 0.49 ^a	4.50 ± 0.69 ^{ab}	4.50 ± 0.76 ^{ab}	4.40 ± 0.68 ^c	4.20 ± 0.83 ^d
กลิ่น ^{ns}	4.35 ± 0.75	4.50 ± 0.61	4.30 ± 0.80	4.45 ± 0.69	4.45 ± 0.60
รสชาติ ^{ns}	4.75 ± 0.44	4.60 ± 0.50	4.60 ± 0.50	4.45 ± 0.69	4.55 ± 0.76
เนื้อสัมผัส	4.70 ± 0.47 ^a	4.40 ± 0.68 ^a	4.40 ± 0.75 ^a	4.50 ± 0.76 ^b	4.45 ± 0.69 ^b
ความชอบรวม ^{ns}	4.65 ± 0.49	4.55 ± 0.51	4.45 ± 0.83	4.50 ± 0.69	4.40 ± 0.82

หมายเหตุ

a, b, c, d ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อชิฟอนใบเตยที่มีการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100% ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) แสดงในตารางที่ 34 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับชิฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวแยกส่วนทดแทนน้ำมันพืช 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-18°C) ในด้านคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านสี และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับชิฟอนใบเตยที่ใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันพืช 100 % บรรจุกล่องอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดด้วยฝาพลาสติก เก็บในสภาพแช่แข็งที่มีอายุ 0 -1 สัปดาห์มากที่สุด

2. โฉนท

2.1 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโฉนท 3 สูตรที่มีส่วนประกอบต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรของโฉนทที่ผู้ทดสอบมีความพอใจมากที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรการผลิตโฉนทที่ทอดในน้ำมันต่างชนิดกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัท 3 สูตร

คุณลักษณะ	สูตร		
	1	2	3
ลักษณะปรากฏ	4.00 ± 0.67^a	2.40 ± 1.17^b	3.60 ± 0.70^a
สี	4.20 ± 0.92^a	2.50 ± 1.18^b	3.60 ± 0.70^a
กลิ่น	3.20 ± 0.42^{ab}	2.50 ± 1.08^b	3.50 ± 0.53^a
รสชาติ ^{ns}	3.10 ± 0.57	3.30 ± 1.16	3.70 ± 0.48
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.60 ± 1.07	2.80 ± 1.14	3.80 ± 0.92
ความชอบรวม ^{ns}	3.60 ± 0.97	2.80 ± 0.79	3.30 ± 0.82

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัททั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 35 พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับโดนัท 3 สูตรในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมไม่แตกต่างกัน แต่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับโดนัทสูตรที่ 1 และ 3 มากกว่าสูตรที่ 2 เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตโดนัทสูตรที่ 1 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าสูตร 3 จึงเลือกสูตรที่ 1 มาใช้ศึกษาชนิดของไขมันที่เหมาะสมในการทอดโดนัท

2.2 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันต่างชนิดกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์โดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันต่างชนิดกัน เพื่อหาว่าผู้ทดสอบพอใจโดนัทที่ทอดในน้ำมันชนิดใดมากที่สุด แล้วจึงเลือกน้ำมันชนิดนั้นไปใช้ในการทดลองทดแทนด้วยน้ำมันวัว ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมัน 5 ชนิด

คุณลักษณะ	น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำมันปาล์ม	เนยสด	เนยขาว	น้ำมันวัว
ลักษณะปรากฏ	2.29±0.85 ^b	3.95± 1.23 ^a	2.65± 0.85 ^b	3.05± 0.6 ^b	3.80± 0.41 ^a
สี	2.60± 0.88 ^c	3.80± 0.77 ^a	2.80± 0.83 ^{bc}	3.10± 0.72 ^b	3.85 ± 0.37 ^a
กลิ่น	3.45± 0.76 ^b	3.95± 0.39 ^a	2.85± 0.81 ^c	3.05±1.05 ^{bc}	3.35 ± 0.88 ^b
รสชาติ	3.00± 0.88 ^{bc}	3.85± 0.75 ^a	2.70± 0.92 ^c	3.25± 0.85 ^b	2.85± 0.88 ^{bc}
เนื้อสัมผัส	3.15± 0.81 ^a	3.60± 0.99 ^a	2.55± 0.76 ^b	3.25± 0.97 ^a	2.55± 0.94 ^b
ความชอบรวม	3.25± 0.72 ^b	3.80± 0.70 ^a	2.60± 0.75 ^c	3.25± 0.91 ^b	2.85± 0.77 ^{bc}

หมายเหตุ

a, b, c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ทอดในน้ำมันต่างกัน 5 ชนิด แสดงในตารางที่ 36 พบว่าผู้ทดสอบพึงพอใจโดนัทที่ทอดในน้ำมันต่างชนิดกันในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับโดนัทที่ทอดในน้ำมันปาล์มมากกว่าน้ำมันหรือไขมันชนิดอื่น จึงศึกษาการใช้น้ำมันวัวทดแทนน้ำมันปาล์มในอัตราส่วนต่างกัน

2.3 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวแยกส่วนในปริมาณที่ต่างกัน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบ ต่อผลิตภัณฑ์โดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวในปริมาณที่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสในการยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัวในระดับที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	น้ำมันวัว (%)				
	0	25	50	75	100
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	3.55± 0.76	3.05± 0.76	3.50± 0.95	3.10± 0.72	3.20± 0.83
สี ^{ns}	3.25±1.02	2.85±1.09	3.20± 0.95	2.85± 0.88	2.75± 1.02
กลิ่น ^{ns}	3.05± 1.00	3.05±1.05	3.25± 0.85	3.15± 0.93	2.95± 0.91
รสชาติ ^{ns}	3.50± 0.69	3.15± 0.75	3.10± 0.79	3.00± 1.12	3.05± 0.89
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.40± 0.82	3.25± 0.79	3.15± 1.09	2.95± 0.94	3.05± 0.83
ความชอบรวม	3.55± 0.69 ^a	3.25± 0.64 ^{ab}	3.45± 0.83 ^a	3.00± 0.97 ^b	3.00± 0.79 ^b

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (n = 20)

การยอมรับของผู้ทดสอบต่อโดนัทที่ทอดในน้ำมันปาล์มที่ทดแทนด้วยน้ำมันวัว 0 – 100% แสดงในตารางที่ 37 พบว่าผู้ทดสอบพึงพอใจโดนัทที่ทอดในน้ำมันวัวทดแทนน้ำมันปาล์มในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน แต่มีคุณลักษณะด้านความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้การยอมรับโดนัทที่ทอดในน้ำมันวัวทดแทนน้ำมันปาล์ม 0 – 50 %



A



B



C



D



E

รูปที่ 21 โดนัทที่ผ่านการทอดในน้ำมันวัวทดแทนน้ำมันปาล์ม (A 0%, B 25%, C 50%, D 75% และ E 100%)

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ทอดในน้ำมัน วัวเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำน้ำมันวัวแยกส่วนไปใช้ในการทอดมันฝรั่ง โดยใช้ไขมันเหลวที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C (LF35) เรียกแทนว่า น้ำมันวัว เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้น้ำมันวัวทอดผลิตภัณฑ์มันฝรั่งแทนน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

1. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน วัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีคือ ปริมาณไอโอดีน ปริมาณกรดไขมันอิสระ และค่าเปอร์ออกไซด์ ของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จากน้ำมันวัวแยกส่วนที่สกัดได้รอบที่ 1 รอบที่ 2 และรอบที่ 3 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 38, 39 และ 40

ตารางที่ 38 ค่าไอโอดีนของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง

Tallow	ค่าไอโอดีน (กรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับโดยไขมัน 100 กรัม)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Tallow O	55.20±0.31 ^{Aa}	50.60±.90 ^{Ba}	52.86±2.25 ^{ABa}
Tallow 1	53.11±0.17 ^{Ab}	49.44±0.50 ^{Ba}	55.56±0.37 ^{Cb}
Tallow 2	52.36±1.18 ^{Ab}	56.60±0.46 ^{Bb}	54.10±0.93 ^{Aab}
Tallow 3	43.48±0.99 ^{Ac}	51.65±2.40 ^{Ba}	54.61±0.26 ^{Bab}

หมายเหตุ

A, B, C ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

Tallow O คือ น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด

Tallow 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1, 2 และ 3

Lot 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่สกัดได้รอบที่ 1, รอบที่ 2 และ รอบที่ 3

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 38 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างทอดของน้ำมันวัว แนวโน้มของการวิเคราะห์ไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ถึงทิศทางของผลที่เกิดขึ้นทั้งนี้เนื่องจากไขมันวัวที่นำมาสกัดในแต่ละรอบเป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติ ไม่สามารถควบคุมให้มีความจำเพาะในส่วน of ไขมันที่ต้องการได้ และส่งผลให้การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในแต่ละ

ละลอตน้ำมันไม่มีความสัมพันธ์กันทุกๆครั้งของการทอดซ้ำ ซึ่งปริมาณไอโอดีนของน้ำมันวู้ว ในลอตที่ 1 แตกต่างจากลอตที่ 2 ขณะที่ลอตที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับลอตใดๆ ในทางกลับกัน น้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 มีความแตกต่างกันทั้ง 3 ลอต โดยน้ำมันวู้วแยกส่วนลอตที่ 1 และลอตที่ 3 ที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่กลับแตกต่างจากลอต ที่ 2 และ สุกท้ายน้ำมันวู้วลอตที่ 2 และลอตที่ 3 ที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน และต่างจาก ลอตที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนของน้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดซ้ำของแต่ละลอต พบว่า ลอตที่ 1 ปริมาณไอโอดีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำมันผ่านการทอดซ้ำหลายครั้ง ในขณะที่ ลอตที่ 2 และลอตที่ 3 ปริมาณไอโอดีนที่วิเคราะห์ได้ไม่แสดงแนวโน้มในทิศทางใดๆ ดังนั้น ปริมาณไอโอดีนจากการทดลองนี้ไม่สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันวู้วได้

ตารางที่ 39 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวู้วและน้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง

Tallow	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% as oleic acid)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Tallow O	1.23±0.02 ^{Aa}	1.33±0.02 ^{Ba}	1.48±0.02 ^{Ca}
Tallow 1	1.22±0.01 ^{Aa}	1.36±0.02 ^{Ba}	1.49±0.03 ^{Ca}
Tallow 2	1.24±0.00 ^{Aa}	1.44±0.02 ^{Bb}	1.52±0.03 ^{Ca}
Tallow 3	1.26±0.00 ^{Ab}	1.42±0.02 ^{Bb}	1.51±0.02 ^{Ca}

หมายเหตุ

A, B, C ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

Tallow O คือ น้ำมันวู้วเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด

Tallow 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1, 2 และ 3

Lot 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวู้วที่สกัดได้รอบที่ 1, รอบที่ 2 และ รอบที่ 3

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวู้วและน้ำมันวู้วที่ผ่านการทอด จาก ตารางที่ 39 ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวู้วทั้ง 3 ลอตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากไขมันวู้ว ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันวู้วในการทดลองเป็น วัตถุดิบทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมให้มีความจำเพาะเจาะจงตามที่ต้องการได้ ซึ่งความไม่ จำเพาะเจาะจงของวัตถุดิบส่งผลให้การวิเคราะห์ปริมาณเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันวู้วแต่ละลอตมีค่า แตกต่างกันและเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์น้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดด้วยจำนวนซ้ำของการทอดที่ แตกต่างกันพบว่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวู้วทั้ง 3 ลอตไม่มีความ แตกต่างกันทางสถิติระหว่างน้ำมันวู้วและน้ำมันวู้วที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 โดย น้ำมันวู้วบางลอต

อาจให้ผลที่แตกต่างกันในส่วนของการทอดซ้ำครั้งที่ 2 และ/หรือ ครั้งที่ 3 แต่จะเห็นได้ว่าน้ำมันวัวทั้ง 3 ลอตมีแนวโน้มของผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำมันวัวผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น

ตารางที่ 40 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง

Tallow	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
O	1.32±0.22 ^{Aa}	2.32±0.11 ^{Ba}	2.18±0.00 ^{Ba}
Tallow 1	1.99±0.00 ^{Ab}	6.68±0.28 ^{Bb}	3.44±0.41 ^{Cb}
Tallow 2	10.78±0.22 ^{Ac}	7.16±0.20 ^{Bb}	5.24±0.30 ^{Bc}
Tallow 3	16.84±0.12 ^{Ad}	10.08±0.39 ^{Bc}	13.40±0.10 ^{Cd}

หมายเหตุ

A, B, C ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95

Tallow O คือ น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด

Tallow 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1, 2 และ 3

Lot 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่สกัดได้รอบที่ 1, รอบที่ 2 และ รอบที่ 3

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอด จากตารางที่ 40 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันวัวทั้ง 3 ลอตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากไขมันวัว ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันวัวในการทดลองเป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมให้มีความจำเพาะเจาะจงตามที่ต้องการได้ ซึ่งความไม่จำเพาะเจาะจงของวัตถุดิบส่งผลให้การวิเคราะห์ปริมาณเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันวัวแต่ละลอตมีค่าแตกต่างกันตามไปด้วย

น้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 2 จากลอตที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันวัวลอตที่ 2 และลอตที่ 3 ส่วนน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 ทั้ง 3 ลอต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณเปอร์ออกไซด์ทั้ง 3 ลอตมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและเป็นไปตามทฤษฎี เนื่องจากเมื่อน้ำมันวัวผ่านการทอดซ้ำมากขึ้นผลการวิเคราะห์ปริมาณเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทอดน้ำมันซ้ำส่งผลให้โอกาสการเกิดกลิ่นหืนอันเนื่องมาจากการออกซิเดชัน (oxidation rancidity) มีมากขึ้น พิจารณาในส่วนของลอตใดลอตหนึ่งพบว่าปริมาณเปอร์ออกไซด์ของลอตที่ 1 และลอตที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกครั้งของการทอด แต่

น้ำมันวัวลอตที่ 2 ไม่มีความแตกต่างระหว่างการทอดซ้ำครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำมันวัวและน้ำมันวัวทอดซ้ำครั้งที่ 3 ซึ่งน้ำมันวัวมีแนวโน้มของปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้ง 3 ลอต เมื่อจำนวนซ้ำของการทอดเพิ่มขึ้น

2. การวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง ลอตที่ 1 และลอตที่ 3 ด้วยเครื่อง Rancimat

วิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จากน้ำมันวัวแยกส่วนที่สกัดได้รอบที่ 1 และรอบที่ 3 ด้วย เครื่องวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันและไขมัน (743 Rancimat) ที่สภาวะอัตราเร็วลมคงที่ (20 ลิตร/ชั่วโมง) ที่อุณหภูมิเฉพาะ (120°C) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 41 และรูปที่ 22 และ 23

ตารางที่ 41 แสดงผลการวิเคราะห์ความคงสภาพของน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำลอตที่ 3 ด้วยเครื่อง Rancimat

Tallow	Induction Time Automatic Lot 1	Induction Time Automatic Lot 3
Lot 1		
Tallow O	6 ชั่วโมง 23 นาที	5 ชั่วโมง 59 นาที
Tallow 1	1 ชั่วโมง 29 นาที	1 ชั่วโมง 26 นาที
Tallow 2	29 นาที	49 นาที
Tallow 3	27 นาที	33 นาที
Lot 3		
Tallow O	6 ชั่วโมง 37 นาที	5 ชั่วโมง 2 นาที
Tallow 1	1 ชั่วโมง 25 นาที	1 ชั่วโมง 18 นาที
Tallow 2	29 นาที	47 นาที
Tallow 3	26 นาที	29 นาที

หมายเหตุ

Tallow O คือ น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด

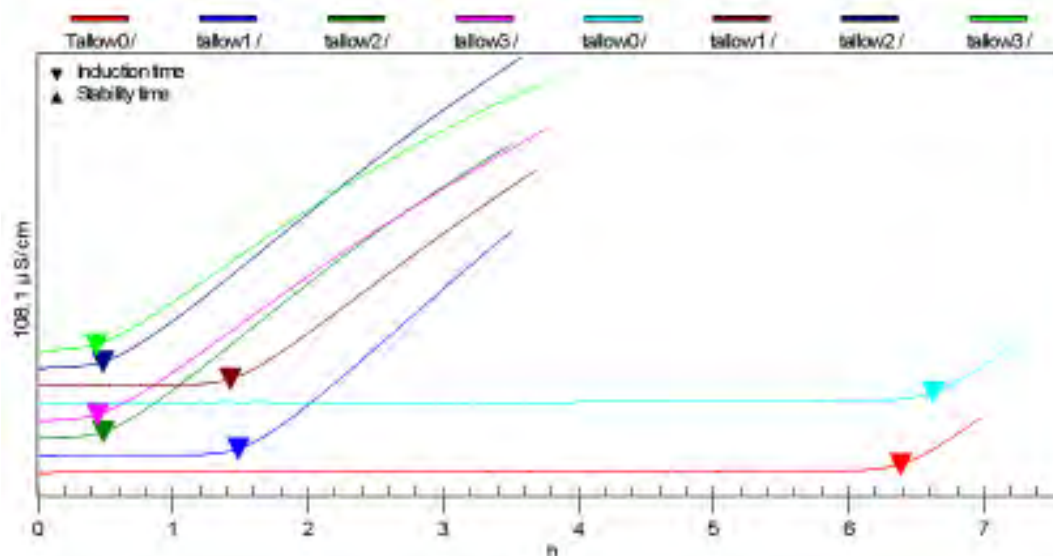
Tallow 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1, 2 และ 3

Induction time automatic 1 และ 3 คือ เวลาที่น้ำมันลอตที่ 1 และ 3 มีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชัน

เนื่องจากไขมันวัวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดน้ำมันวัว เป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมให้มีความจำเพาะเจาะจงตามที่ต้องการได้ ไขมันวัวที่ได้จากส่วนต่างๆของวัวมีคุณสมบัติและคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งความไม่จำเพาะเจาะจงและความแตกต่างกันของวัตถุดิบส่งผลให้การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมันวัวแต่ละลอตมีค่าแตกต่างกันตามไปด้วย

ระยะเวลาที่น้ำมันวัวมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ระยะเวลาความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันลดลงเมื่อน้ำมันผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น เนื่องจากการทอดเป็นการให้ความร้อนแก่น้ำมันโดยตรงและเป็นตัวเร่งให้เกิดการออกซิเดชัน (Oxidation rancidity) ที่เกิดจากกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากผ่านการทอด

น้ำมันวัวมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันได้นาน เนื่องจากน้ำมันวัวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เป็นปริมาณมาก แต่เมื่อผ่านการทอด ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดและลดลงเรื่อยๆเมื่อผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระที่วิเคราะห์ได้ ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันเริ่มคงที่เมื่อผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ในลอตที่ 1 (รูปที่ 17) ส่วนลอตที่ 3 ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดลดลงอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 18)



รูปที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันวัวลอตที่ 1 ด้วยเครื่อง Rancimat รุ่น 743 Rancimat จำนวน 2 ซ้ำ

หมายเหตุ

Tallow 0 คือ น้ำมันวัวซ้ำที่ 1

Tallow 1 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ซ้ำที่ 1

Tallow 2 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ซ้ำที่ 1

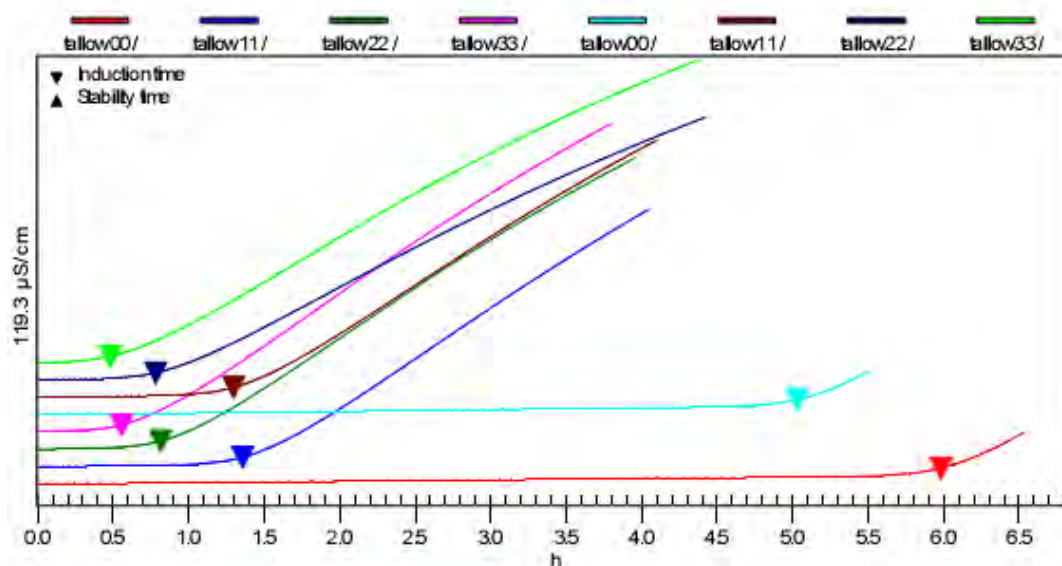
Tallow 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3 ซ้ำที่ 1

Tallow 0 คือ น้ำมันวัวซ้ำที่ 2

Tallow 1 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ซ้ำที่ 2

Tallow 2 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ซ้ำที่ 2

Tallow 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3 ซ้ำที่ 2



รูปที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันวัวลดที่ 3 ด้วยเครื่อง Rancimat รุ่น 743 Rancimat จำนวน 2 ซ้ำ

หมายเหตุ

Tallow 0 คือ น้ำมันวัวซ้ำที่ 1

Tallow 0 คือ น้ำมันวัวซ้ำที่ 2

Tallow 1 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ซ้ำที่ 1

Tallow 1 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ซ้ำที่ 2

Tallow 2 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ซ้ำที่ 1

Tallow 2 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ซ้ำที่ 2

Tallow 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3 ซ้ำที่ 1

Tallow 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3 ซ้ำที่ 2

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน วัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่ง

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพคือ สี และความหนืดของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จากน้ำมันวัวแยกส่วนที่สกัดได้รอบที่ 1 รอบที่ 2 และรอบที่ 3 ทำการวัดค่าสีที่สภาวะควบคุมอุณหภูมิ 170°C เป็นเวลา 9 นาที ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (Color Quest XE) และวัดความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer (DV-III) ควบคุมสภาวะที่อุณหภูมิ 35±1°C ใช้เข็มเบอร์ 61 ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 42 และ 43

ตารางที่ 42 ค่าสีของน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดมันฝรั่งทอด ที่ 1 และทอดที่ 3

	L	a	b
Lot 1			
Tallow O	44.91±0.01 ^a	-1.99±0.01 ^a	10.74±0.01 ^a
Tallow 1	47.32±0.02 ^b	-2.28±0.02 ^b	9.67±0.01 ^b
Tallow 2	47.34±0.02 ^b	-1.87±0.02 ^c	6.92±0.05 ^c
Tallow 3	48.79±0.02 ^c	-1.82±0.03 ^d	5.26±0.02 ^d
Lot 3			
Tallow O	45.58±0.00 ^a	-2.87±0.00 ^a	14.84±0.01 ^a
Tallow 1	47.44±0.01 ^b	-2.93±0.03 ^b	13.24±0.03 ^b
Tallow 2	49.86±0.02 ^c	-3.09±0.03 ^c	11.44±0.01 ^c
Tallow 3	53.70±0.10 ^d	-2.33±0.01 ^d	6.11±0.02 ^d

หมายเหตุ

Tallow O คือ น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด, Tallow 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1, 2 และ 3
Lot 1 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่สกัดได้รอบที่ 1, รอบที่ 2 และ รอบที่ 3

L แสดงถึงความสว่าง (lightness), +L แสดงถึงความสว่างและสีขาว, -L แสดงถึงความมืดและสีดำ

a, b, c, d ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพโดยการวัดสีน้ำมันวัว ลอดที่ 1 และ ลอดที่ 3 เปรียบเทียบค่าการวัดสีของน้ำมันวัว และน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำมันวัวสองทอด พบว่าน้ำมันทั้งสองทอดมีค่าสีแตกต่างกัน โดยทอดที่ 1 มีค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) น้อยกว่าน้ำมันวัวทอดที่ 3 ซึ่งสีของน้ำมันวัวเริ่มต้นจะมีผลต่อสีของน้ำมันวัวเมื่อผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันวัวทั้งสองทอด เมื่อผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น ค่าความสว่าง (L) จะมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่างจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) ของน้ำมันมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนเมื่อน้ำมันผ่านการทอดซ้ำสามครั้ง เปรียบเทียบน้ำมันวัวต่างทอดพบว่า น้ำมันทั้งสองทอดมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบจากลักษณะการใช้งานเหมือนกัน โดยค่าความสว่างของน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำทั้งสองทอดจะขึ้นอยู่กับค่าความสว่างของน้ำมันวัวเริ่มต้นของแต่ละทอดด้วย ค่าสีของน้ำมันวัวยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพของวัตถุดิบและขั้นตอนการสกัดน้ำมันซึ่งไขมันวัวที่นำมาสกัดน้ำมันนั้นเป็นวัตถุดิบธรรมชาติ ไขมันวัวมาจากหลายๆส่วนของตัววัว และอาจมาจากวัวตัวเดียวกันหรือวัวหลายตัว จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าของการวัดสีที่ได้ของน้ำมันวัวแต่ละทอดอาจแตกต่างกัน

นอกจากนี้สถานการณ์เก็บรักษาน้ำมันที่สกัดก่อนนำมาใช้และน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว ก็มีผลทำให้ค่าการวัดสีที่ได้แตกต่างกันอีกด้วย

ตารางที่ 43 ค่าความหนืดระหว่างน้ำมันวัวและน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3

Tallow	ค่าความหนืด (mPa.s)		
	Lot 1 ^{ns}	Lot 2 ^{ns}	Lot3 ^{ns}
Tallow O	42.3±0.1	42.2±0.1	42.3±0.1
Tallow 3	42.2±0.1	42.3±0.1	42.2±0.1

หมายเหตุ

Tallow O คือ น้ำมันวัวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการทอด, Tallow 3 คือ น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดครั้งที่ 3

Lot 1, 2 และ 3 คือ น้ำมันวัวที่สกัดได้รอบที่ 1, รอบที่ 2 และ รอบที่ 3

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์ความหนืดของน้ำมันวัว ทั้งน้ำมันวัวเริ่มต้น และน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 3 โดยทำการวัดความหนืดที่สถานะอุณหภูมิ $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความหนืดในน้ำมันทอดเดียวกันทั้งที่เป็นน้ำมันวัว และน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำพบว่าน้ำมันมีค่าความหนืดที่ไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ที่อุณหภูมิ $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ และเมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำมันในแต่ละทอดก็พบว่าน้ำมันทุกทอดมีค่าความหนืดที่ไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิ $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความหนืดของน้ำมันจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดของน้ำมันจะลดลง แต่ถ้าอุณหภูมิลดลงค่าความหนืดของน้ำมันจะสูงขึ้น

2. การวิเคราะห์ค่าสีและคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดโดยใช้น้ำมันวัว

วิเคราะห์การวัดค่าสีของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำด้วยน้ำมันวัวโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300 ทำการทอดในกระทะทอดไฟฟ้า (Princess รุ่น 184000) ควบคุมสถานะในการทอดที่ อุณหภูมิ 170°C และใช้ระยะเวลาในการทอดนาน 9 นาที และทำการวัดสีมันฝรั่งที่อุณหภูมิห้อง และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันวัว 3 ครั้ง โดยทำการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 44 และ 45 และ รูปที่ 24 และ 25

ตารางที่ 44 ค่าสีของน้ำมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำ ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 โดยใช้น้ำมันวัวในการทอด

การทอด	Lot								
	1			2			3		
	L ^{ns}	A ^{ns}	b	L	a	b ^{ns}	L	a ^{ns}	b
1	63.27±0.54	-4.08±0.70	19.96±0.78 ^a	62.01±0.40 ^c	-4.55±0.76 ^a	18.02±0.88	63.40±0.37 ^a	-3.77±0.66	23.57±0.40 ^a
2	63.35±0.40	-4.90±0.29	18.22±0.62 ^b	66.20±0.17 ^b	-3.28±0.4 ^b	18.15±0.64	63.74±0.39 ^a	-4.25±0.64	18.11±0.78 ^b
3	64.32±0.57	-5.18±0.75	17.94±0.47 ^b	67.72±0.49 ^c	-4.21±0.31 ^{ab}	17.54±0.45	66.63±0.12 ^b	-3.49±0.29	20.45±0.40 ^c

หมายเหตุ

L แสดงถึงความสว่าง (lightness) , +L แสดงถึงความสว่างและสีขาว , -L แสดงถึงความมืดและสีดำ

+a แสดงทิศทางสีแดง (red), -a แสดงทิศทางสีเขียว (green)

+b แสดงทิศทางสีเหลือง (yellow), -b แสดงทิศทางสีน้ำเงิน (blue)

a, b, c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพโดยการวัดสีของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำด้วยน้ำมันวัวลวดที่ 1 พบว่าลักษณะสีของมันฝรั่งที่ได้จากการทอดโดยใช้น้ำมันวัวที่ทอดซ้ำในทุกซ้ำมีค่าความสว่าง (L) ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสีเหลือง (b) มีค่าที่แตกต่างกันโดยมันฝรั่งที่ทอดในน้ำมันวัวครั้งแรก หรือ การทอดครั้งที่ 1 มีค่าสีเหลืองแตกต่างจากมันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวที่ทอดซ้ำ การทอดครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3 โดยมันฝรั่งที่ใช้น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ให้ค่าสีเหลืองที่ไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ซึ่งค่าสีเหลืองของ มันฝรั่งในลวดที่ 1 ที่วัดได้จะลดลงเมื่อมันฝรั่งทอดในน้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น สีของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำด้วยน้ำมันวัวลวดที่ 2 พบว่าลักษณะสีของมันฝรั่งที่ได้ จากการทอดซ้ำในทุกซ้ำมีค่าความสว่าง (L) ที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยมันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวที่ทอดซ้ำมากขึ้น มันฝรั่งจะมีค่าความสว่างที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวที่ทอดซ้ำทั้งสามครั้ง มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) สีของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำด้วยน้ำมันวัวลวดที่ 3 พบว่าลักษณะสีของมันฝรั่งที่ใช้น้ำมันวัวที่ทอดครั้งแรก หรือการทอดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าความสว่าง (L) ที่ไม่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) แต่มันฝรั่งที่ใช้น้ำมันวัวที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 3 มีค่าความสว่างแตกต่างจากมันฝรั่งที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำมากขึ้น มันฝรั่งจะมีค่าความสว่างที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) ของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำทั้งสามครั้ง มีค่าที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ทั้งสามครั้ง ความแตกต่างของค่าสีของมันฝรั่งที่ได้จากการใช้น้ำมันวัวที่ผ่านการทอด 1, 2 และ 3 ครั้ง อาจเป็นผลมาจากวัตถุดิบที่นำมาทดลองทั้งมันฝรั่งและน้ำมันวัว มีลักษณะและองค์ประกอบภายในที่อาจเหมือนและแตกต่างกัน การเก็บรักษาน้ำมันดิบและน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำ การสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งมาทดสอบและสภาพแวดล้อมในการทดสอบการวัดสี ก็มีผลต่อค่าการวัดสีที่ได้อีกด้วย

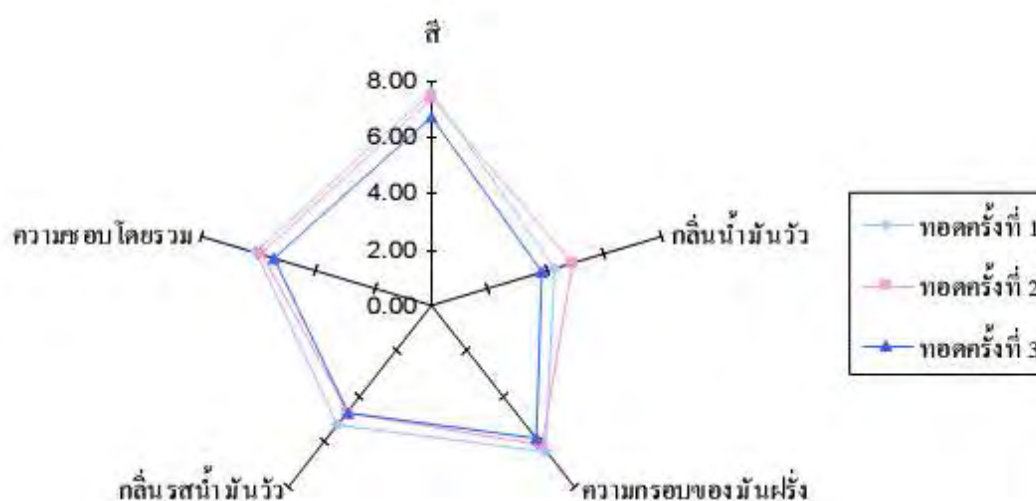
ตารางที่ 45 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ทอดด้วยน้ำมันวัวทอดซ้ำ

	Lot					
	1			2		
	ทอดครั้งที่ 1	ทอดครั้งที่ 2	ทอดครั้งที่ 3	ทอดครั้งที่ 1	ทอดครั้งที่ 2	ทอดครั้งที่ 3
	1	2	3	1	2	3
สี	7.57±1.0 ^a	7.33±1.29 ^a	6.67±1.60 ^b	6.40±1.30 ^b	6.70±1.58 ^b	7.10±1.60 ^a
กลิ่นน้ำมันวัว	4.23±2.08 ^b	4.90±2.12 ^a	3.80±1.80 ^b	4.93±1.80 ^a	5.33±2.33 ^a	5.33±1.97 ^a
ความกรอบ ^{ns}	6.37±1.50	6.17±1.66	5.83±1.62	6.17±1.62	6.17±1.56	6.30±1.46
กลิ่นรสน้ำมันวัว ^{ns}	5.23±2.16	4.73±1.74	4.73±2.03	4.90±2.12	5.57±2.00	5.27±1.78
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.10±1.60	5.93±1.96	5.43±1.75	5.63±1.35	6.03±1.65	6.30±1.18

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

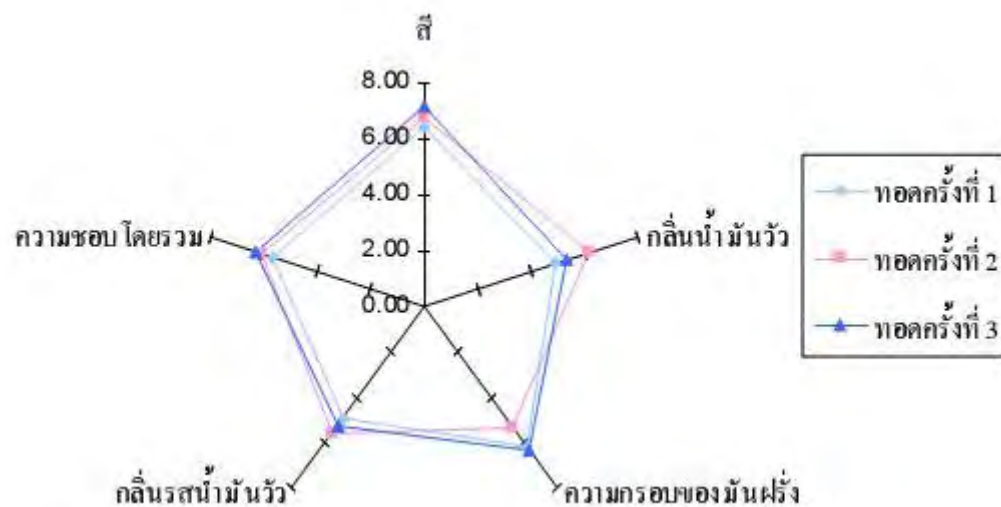
ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 24 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันวัวทอดซ้ำ จากน้ำมันวัวที่สกัดได้ในรอบที่ 1

ผลการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันวัวทั้ง 2 รอบ ด้วยวิธี 9 - point Hedonic scale คะแนนความชอบของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดซ้ำในน้ำมันวัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านสีและกลิ่นน้ำมันของมันฝรั่งที่ผ่านการทอดในน้ำมันวัวครั้งที่ 1 และ 2 มากที่สุด ตามลำดับ ซึ่งการทอดทั้ง 2 ครั้งให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนความกรอบ กลิ่นรสน้ำมันและความชอบ

โดยรวมให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากจำนวนครั้งของการทอดน้ำมันซ้ำน้อยเกินไปจึงไม่สามารถทำให้ผู้บริโภครับรู้ได้ถึง การเปลี่ยนแปลงมากนัก



รูปที่ 25 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันที่ผ่านการทอดในน้ำมันว้ทอดซ้ำ จากน้ำมันว้ที่สกัดได้ในรอบที่ 2

ผลการทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันที่ผ่านการทอดในน้ำมันว้ทั้ง 2 รอบ ด้วยวิธี 9 - point Hedonic scale คะแนนความชอบของน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำในน้ำมันว้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านสี กลิ่นน้ำมัน ความกรอบ กลิ่นรสน้ำมัน และความชอบโดยรวม ของน้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำในน้ำมันว้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันว้ รอบที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยในด้านสี และกลิ่นน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันว้ที่สกัดได้เป็นวัตถุดิบธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยอาจเป็นไขมันที่ได้จากส่วนต่างๆ ของว้ที่แตกต่างกันในแต่ละรอบของการทดลอง ไขมันว้ในแต่ละส่วนจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันและให้คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาคุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวตัดแปร สามารถสรุปเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. คุณลักษณะของวัตถุดิบไขมันวัว ไขมันวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่ได้จากการตัดแต่ง ซากให้ปริมาณน้ำมัน 69.27 ± 2.32 % จากการเจียวที่อุณหภูมิ $110 \pm 1^{\circ}\text{C}$ น้ำมันวัวมีจุดหลอมเหลว เท่ากับ 37.83 ± 0.75 $^{\circ}\text{C}$ ปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ 0.61 ± 0.01 % และค่าไอโอดีน เท่ากับ 42.65 ± 0.79 กรัม $\text{I}_2/100$ กรัมไขมัน ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาเทคนิคการแยกส่วนไขมันวัวด้วยอุณหภูมิต่ำ

สามารถแยกส่วนไขมันแข็งได้ เท่ากับ 23.58 ± 2.26 % ที่อุณหภูมิ 35°C ระยะเวลา 9 ชั่วโมง อัตราการกวนคงที่ 10 rpm เมื่อนำน้ำมันเหลวมาทำการแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25°C ระยะเวลา 10 ชั่วโมง อัตราการกวนเท่าเดิมสามารถแยกไขมันแข็งได้ เท่ากับ 29.72 ± 1.99 % ตามลำดับ

3. ผลการศึกษองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน

ระยะเวลาในการตกผลึกมีผลต่อคุณภาพของไขมันวัวแยกส่วน เช่น จุดหลอมเหลวของ น้ำมันเหลวลดลงในขณะที่จุดหลอมเหลวของไขมันแข็งเพิ่มขึ้น ค่า Solid Fat Content ของไขมัน แข็งแยกส่วนแสดงให้เห็นว่าการละลายของไขมันแข็งนี้เป็นไปอย่างช้าๆ ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง ขณะน้ำมันเหลวสามารถหลอมเหลวได้รวดเร็วในช่วงอุณหภูมิที่แคบกว่า พฤติกรรมการ หลอมเหลวนี้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter

น้ำมันเหลวแยกส่วนมีค่าไอโอดีนสูงกว่าไขมันแข็ง ปริมาณกรดไขมันอิสระในส่วน น้ำมันเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเริ่มต้น ในขณะที่ในส่วนไขมันแข็งมีกรดไขมันอิสระ ในปริมาณที่น้อยกว่า กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันวัว คือ ไมริสติก (C14:0), ไมริส โทเลอิก (C14:1), ปาล์มมิติก (C16:0), พามิโตโอเลอิก (C16:1), สเตียริก (C18:0), โอเลอิก (C18:1c), อีไลดิก(C18:1t), ลิโนเลอิก (C18:2) และลิโนเลนิก (C18:3) ตามลำดับ โดยกรดไขมันที่เด่นชัดของ ไขมันวัว คือ โอเลอิก (C18:1c) และ สเตียริก (C18:0) ในปริมาณที่สูง คือ 24.16 ± 1.18 % และ 50.00 ± 1.80 % ตามลำดับ การแยกส่วนไขมันที่อุณหภูมิตกผลึกต่ำมีผลต่อการเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง น้ำมันเหลวมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลงประมาณ 8.08% นอกจากนี้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวของน้ำมันเพิ่มขึ้น 6.20% กรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงซ้อนเพิ่มขึ้น 1.88% ขณะที่ไขมันแข็งให้ผลตรงกันข้าม คือ ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น 5.44% และปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวลดลง 2.23% กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนลดลง

3.21% จุดหลอมเหลวของน้ำมันเหลืองมีค่าลดลง จาก 38.266°C เป็น 27.433 และ 24.433°C ตามลำดับ ในขณะที่ไขมันแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 38.266°C เป็น 47.433 และ 47.183°C ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงค่า Solid Fat Content ของไขมันแข็งแสดงถึงพฤติกรรมการละลายแบบช้าๆ ไปตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างจากของน้ำมันเหลืองที่เป็นการละลายแบบเร็วอันเนื่องมาจากการประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่แตกต่างกัน โดยไขมันแข็งมีไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกันหลายชนิด ไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมันแข็งเกิดการละลายไม่เท่ากันในแต่ละอุณหภูมิ แตกต่างจากน้ำมันเหลือง ซึ่งไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันเหลืองเกิดการหลอมละลายในช่วงอุณหภูมิแคบๆ เช่นน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิ 35 °C ซึ่งกลายเป็นของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 45 °C หรือน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิ 25 °C ซึ่งกลายเป็นของเหลวเกือบหมดที่อุณหภูมิ 40 °C แตกต่างจากน้ำมันเหลือง ซึ่งหลอมเหลวในช่วงอุณหภูมิแคบๆ

4. ผลการศึกษาคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวหรือน้ำมันวัวเป็นองค์ประกอบ

สามารถใช้ไขมันวัวแยกส่วนเพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถวได้ โดยในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ชิฟฟอนไบต์ยี่สิบ ลูกก็้อวลิสง เค้กเนย และพายชั้น (ในขั้นตอนการเตรียมโด) สามารถใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนไขมันที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น เนยสด หรือน้ำมันปลาได้ 100% ผู้บริโภคให้ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันวัวทดแทนมากกว่าหรือเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการใช้ไขมันวัวแยกส่วน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ขนมปังหวาน และพายชั้น (ในขั้นตอนการคลึงโด) ไม่สามารถใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ เช่น เนยสด เพสตรี้มาการีน ในปริมาณที่มากได้ ทำได้เพียงการทดแทนในปริมาณน้อยๆ คือ 15% ผู้บริโภคมีความพึงพอใจไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน ส่วนหมั่นโถว พบว่าสามารถใช้ไขมันวัวแยกส่วนทดแทนเนยขาวได้ 100% และพบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อหมั่นโถวที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนมากกว่าหมั่นโถวที่ไม่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน

5. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอดที่ทอดในน้ำมันวัวเหลืองที่ได้จากการแยกส่วนน้ำมันวัวที่อุณหภูมิ 35°C

มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวแยกส่วนทอดที่ 1 ครั้งที่ 1 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้านสี ความกรอบของมันฝรั่งกลั่นรสน้ำมันวัว และความชอบโดยรวม ในขณะที่ด้านกลิ่นน้ำมันวัวคะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างจากการทอดครั้งที่ 2 ซึ่งมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงที่สุด มันฝรั่งที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันวัวแยกส่วนทอดที่ 3 ครั้งที่ 3 กลับมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในด้านสี กลิ่นน้ำมันวัว ความกรอบของมันฝรั่งและความชอบโดยรวม เมื่อน้ำมันวัวแยกส่วนที่ผ่านการทอดซ้ำมากขึ้นสีของน้ำมันจะมีค่าความสว่าง(L) เพิ่มขึ้น ค่าสีเหลือง (b) ของน้ำมันลดลง ส่วนมันฝรั่งมีค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นและค่าสีเหลือง (b) ลดลงเมื่อทอดในน้ำมันที่ผ่านการใช้

งานซ้ำหลายครั้ง ค่าความหนืดของน้ำมันวุ้นแยกส่วนและน้ำมันวุ้นแยกส่วนที่ผ่านการทอดซ้ำครั้งที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันที่อุณหภูมิ $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาคูณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวุ้นดัดแปร และการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารนี้มีขีดจำกัดบางประการที่จำเป็นต้องพิจารณาในการศึกษาต่อไปหรือนำประยุกต์ใช้

1. วัตถุประสงค์มีความแปรปรวนเนื่องจากเป็นชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง
2. เครื่องแยกส่วนมีขนาดเล็ก การควบคุมสภาวะการแยกส่วนมีขีดจำกัด

บรรณานุกรม

- เกษรา มานันตพงษ์. อาหารว่าง ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
นิตดา หงษ์วิวัฒน์., 2548. แสงแดด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร
ปิยะ ทองนวล. 2552. แผนงานพิเศษ เรื่องพายชันรำข้าวสาคัดน้ำมัน. ปทุมธานี : มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
พัชรา โกลิยำนันท์ และ วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2552. คุณลักษณะของไขมันวัวแยกส่วนจากวัวสอง
สายพันธุ์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (ได้รับการพิจารณายอมรับ
บทความดังกล่าวและให้จัดพิมพ์ลงในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 20
ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2553)
ศรีสมร คงพันธุ์. 2549. เค้กอย่างง่าย. กรุงเทพฯ
ศวรรณา ปันตลสุข. 2550. “การแยกส่วนไขมันเปลว และคุณลักษณะของไส้กรอกหมู
แปรงเฟอเดอร์ที่ใช้ไขมันแยกส่วน” วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์
การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
สุชาดา งามประภาวัฒน์ . อาหารอบ. ปทุมธานี
Chiu, C.M., A.G. Luizand and S.S. Victor. 2002. **Characterization fractionation and
utilization of the abdominal chicken fat.** [Online]. Available: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-16042002-160222>.
Dimick, P.S., Y.S. Reddy and G.R. Ziegler. 1996. Chemical and thermal characteristics of
milk-fat fractions isolated by a melt crystallization. **Journal of the American Oil
Chemistry Society.** 73(12): 1647-4652.
Gunstone, F. D. and F. B. Padley. 1997. **Lipid technologies and applications.** Marcel Dekker
Inc , New York, pp: 834
Jin, Q., H. Gao, L. Shan, Y. Liu and X. Wang. 2007. Study on grainy crystals in edible beef
tallow shortening. **Food Research International.** 40: 909–914
Kaylegian, K.E. and R.C. Lindsay. 1994. **Handbook of Milk fat Fractionation Technology
and Application.** Illinois : AOCS press. pp : 662.
Kellens, M.J. 1993. New developments in the fractionation of palm oil. **Proceedings of the
PORIM international palm oil congress.** Kuala Lumpur, Malaysia
Ng, W. L. 1989. Nucleation from palm oil melt. **Proceeding of the PORIM international palm
oil development conference.** Kuala Lumpur, Malaysia

- Pandolsook, S., **W. Tungjaroenchai**, J. Sethakul and A. Fischer. 2009. Texture and Microstructure of Frankfurters Containing Lard Fractionates. *Fleischwirtschaft International*. (In Press, *CorrectedProof* for vol. 6/2009 pp:60-63.)
- Russell, D.M. 1986. Glycerides in handbook of lipid research. In: Hanahan, D.J. Editor 1986. **The physical chemistry of lipids. Vol. 4**, Plenum Press, New York
- Sangthong, S., and **W. Tungjaroenchai**. 2006. Characteristics of chicken fat fractions obtained by single and multiple fractionations. Proceedings of the 8th Agro Industrial Conference: Food Innovation. June 15-16. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand.
- Siew, W.L., and W.L. Ng. 1996. Effect of diglycerides on the crystallization of palm oleins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 71: 496-500
- Taylor, A.M. 1976. The crystallization and dry fractionation of Malaysian palm oil. **Oleagineux**. 3: 73–79.
- Timms, R.E. 1979. The physical properties of blends of fat with beef tallow and beef tallow fractions. **Australian Journal of Dairy Technology**. 34: 60–65.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องแยกส่วนไขมัน

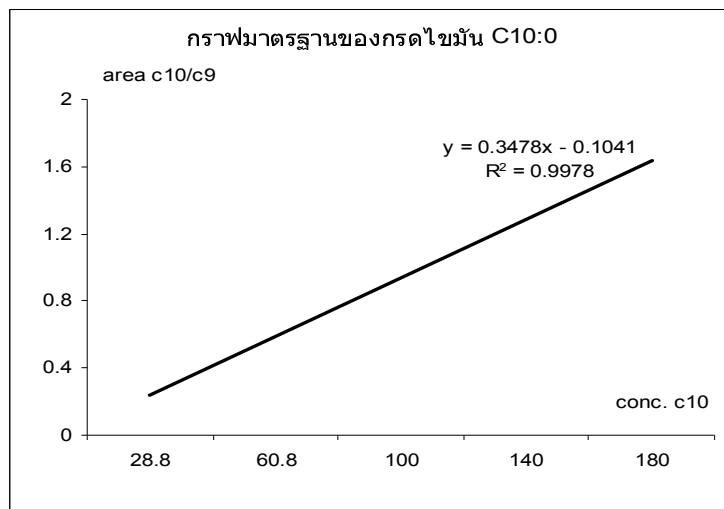


รูป ก1 ชุดเครื่องแยกส่วนไขมัน

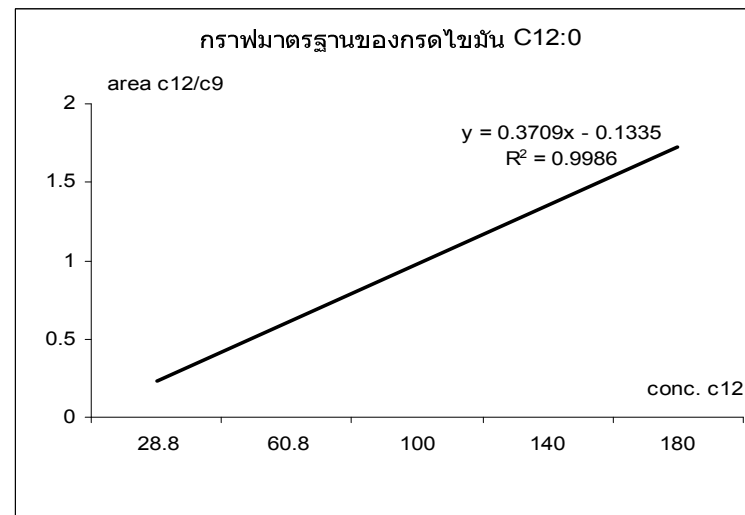


รูป ก2 ถังสแตนเลส 2 ชั้น สำหรับตกผลึกความจุ 6.5 ลิตร และใบกวนสแตนเลสรูปตัวยู (เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และสูง 30.5 เซนติเมตร)

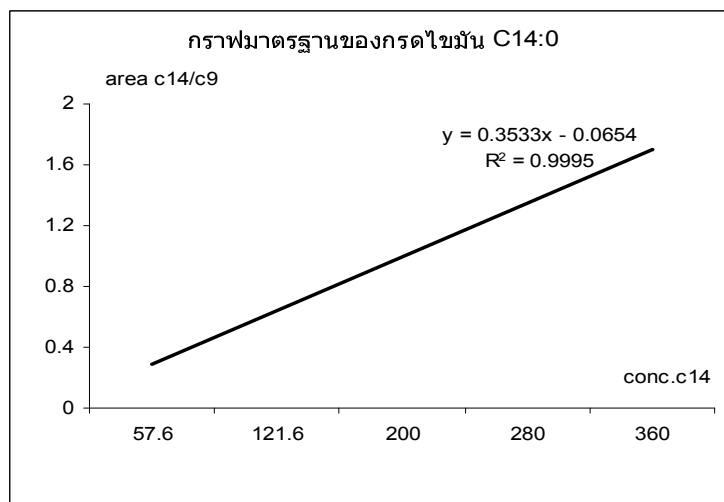
ภาคผนวก ข
กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน



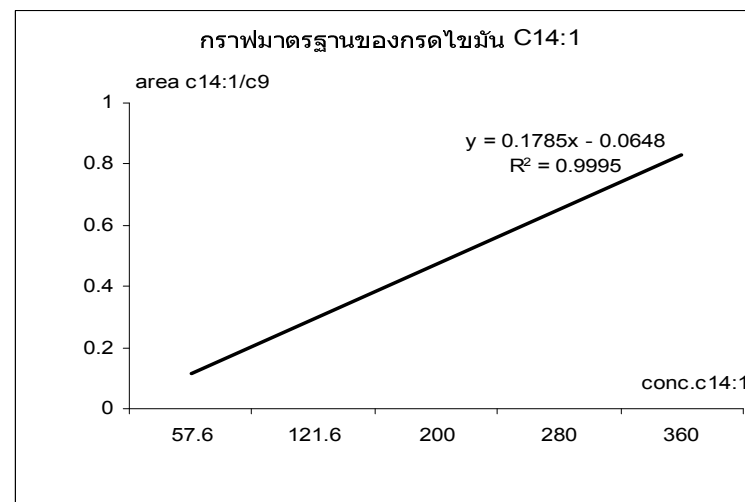
a.



b.

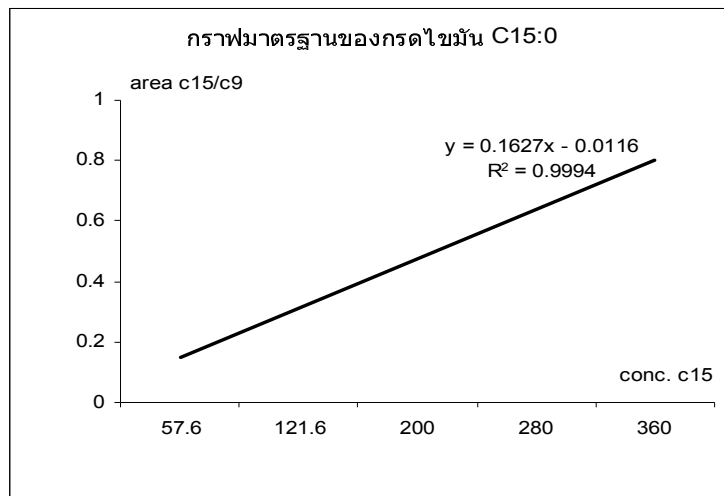


c.

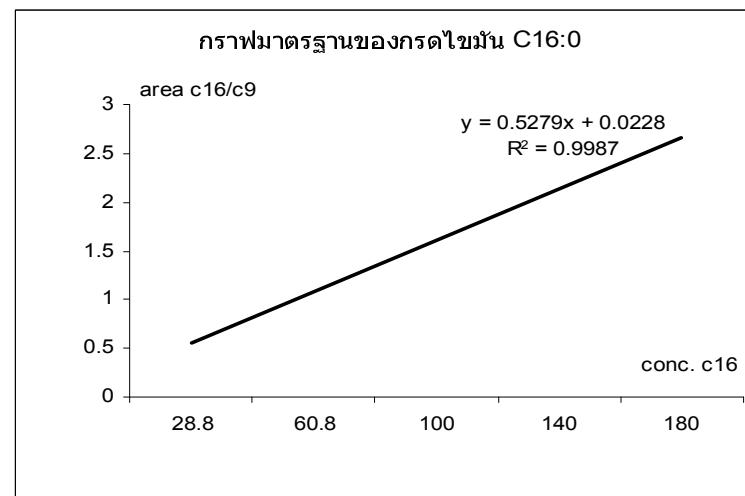


d.

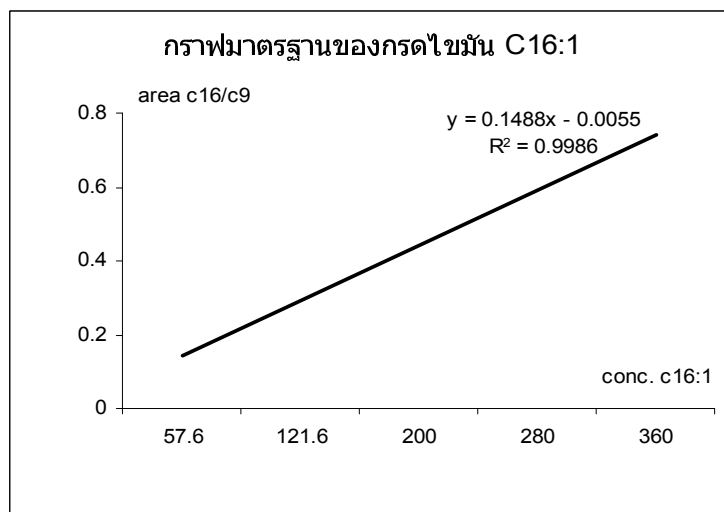
รูปที่ ข1 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C10:0, b. กรดไขมัน C12:0, c. กรดไขมัน C14:0 และ d. กรดไขมัน C14:1



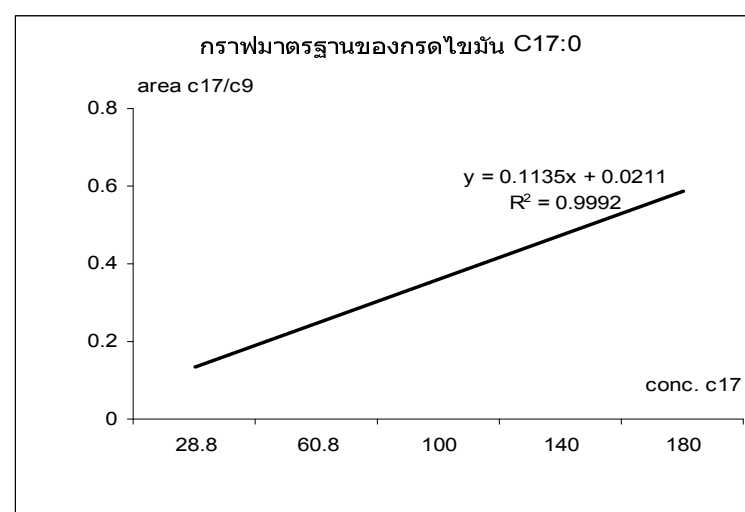
a.



b.

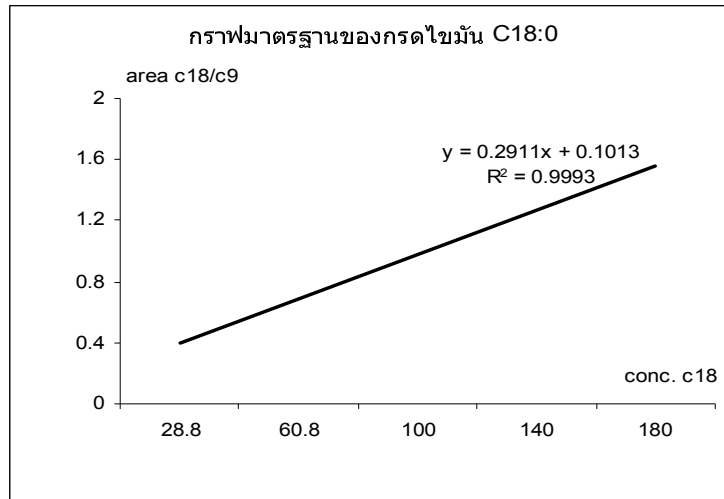


c.

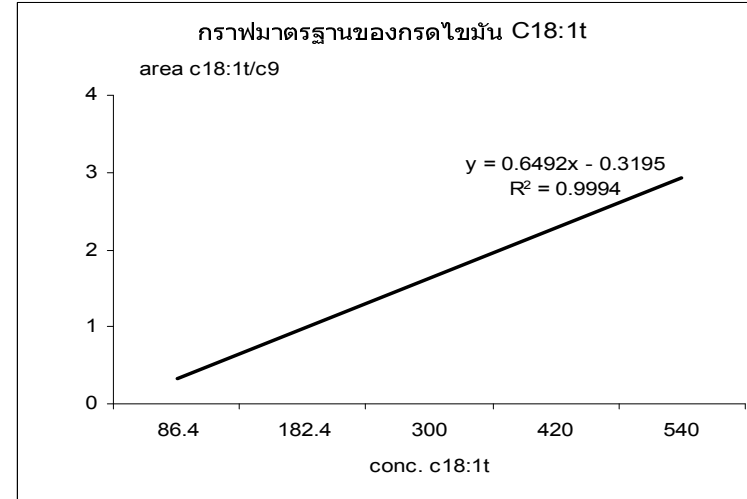


d.

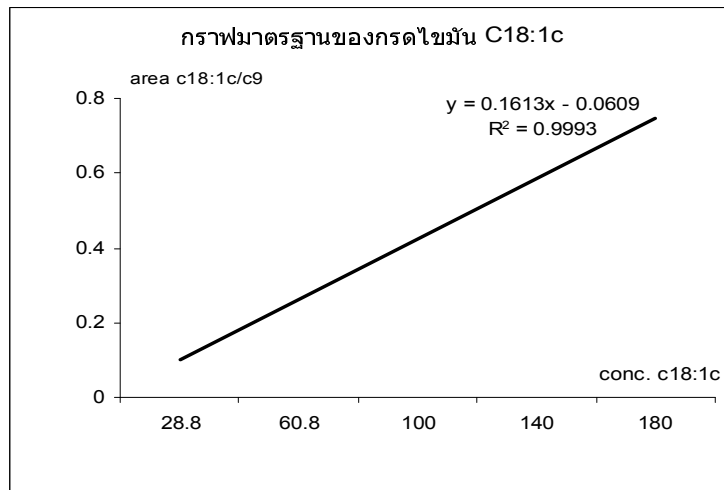
รูปที่ ข2 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C15:0, b. กรดไขมัน C16:0, c. กรดไขมัน C16:1 และ d. กรดไขมัน C17:0



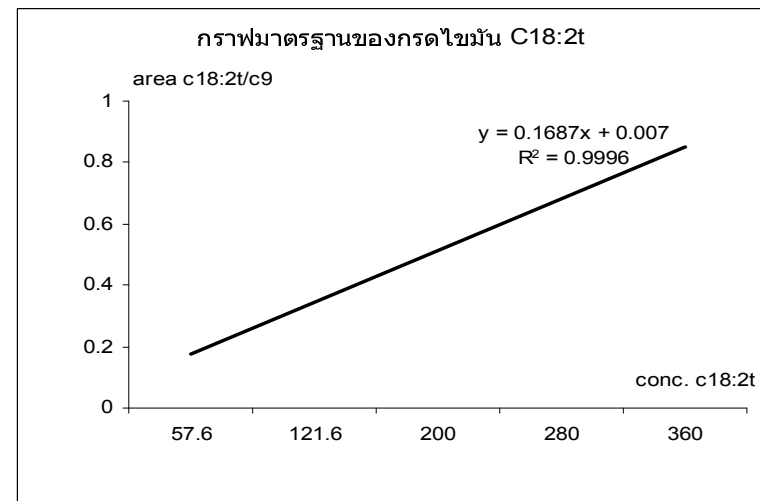
a.



b.

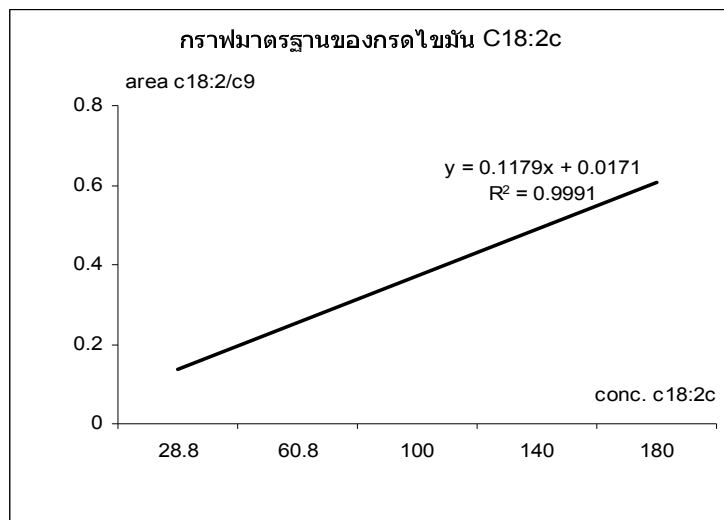


c.

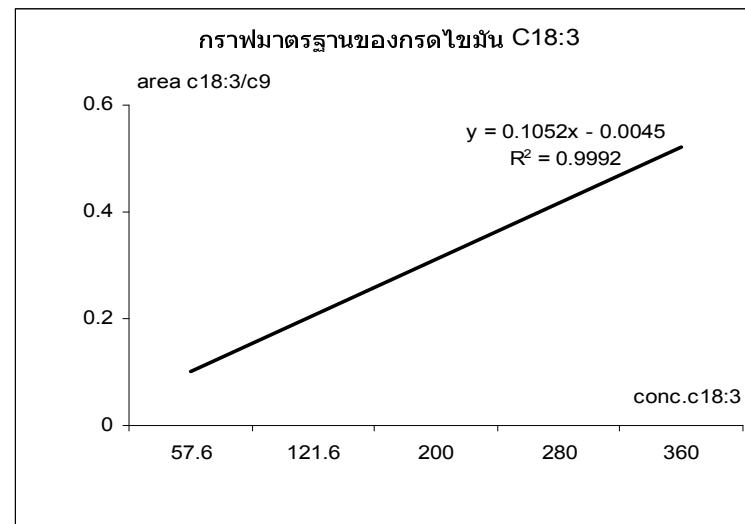


d.

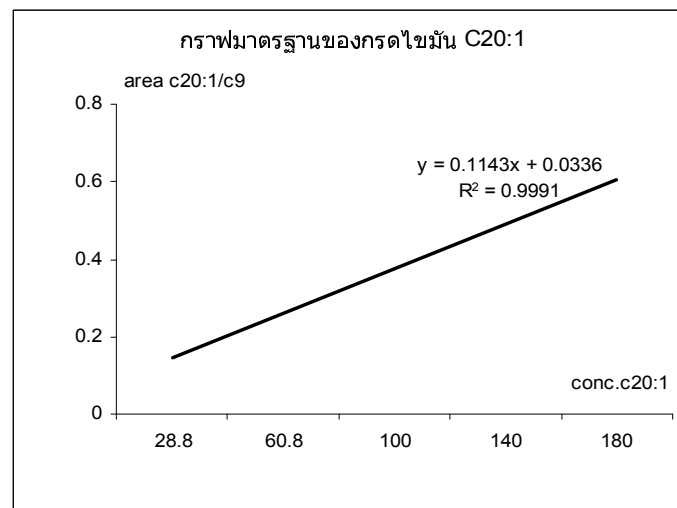
รูปที่ ข3 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C18:0, b. กรดไขมัน C18:1t, c. กรดไขมัน C18:1c และ d. กรดไขมัน C18:2t



a.



b.

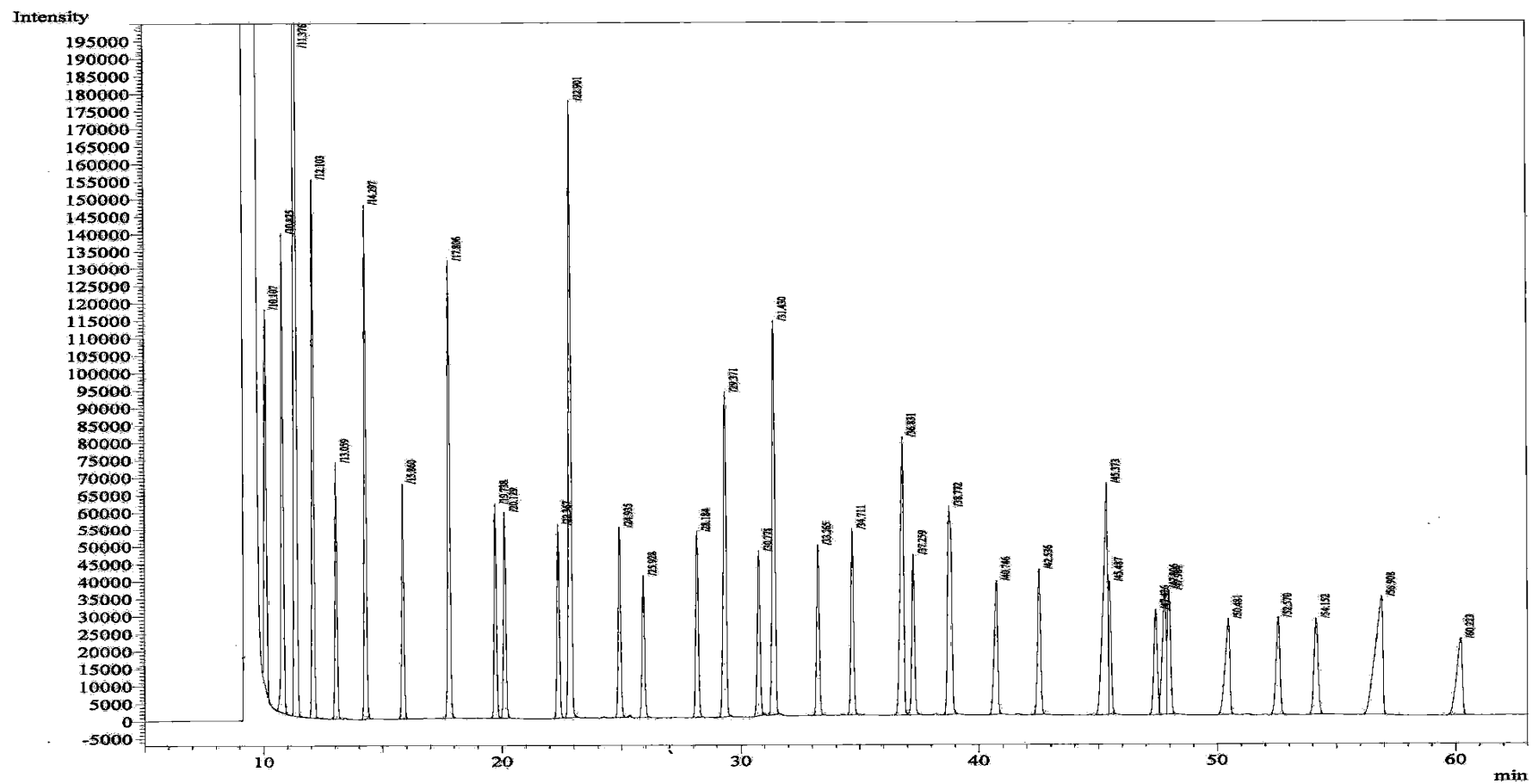


c.

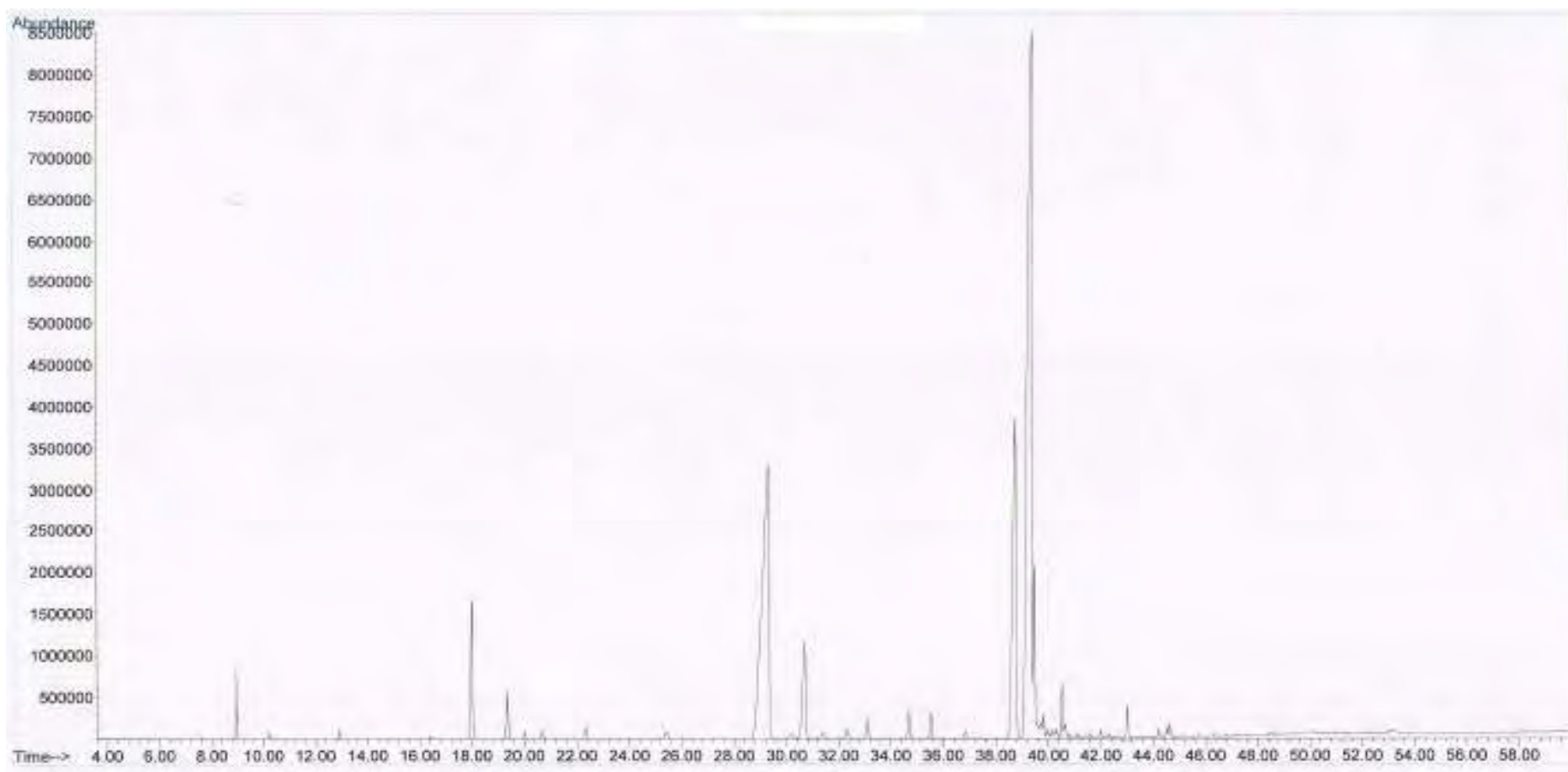
รูปที่ ๖4 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C18:2c, b. กรดไขมัน C18:3 และ c. กรดไขมัน C20:1

ภาคผนวก ค

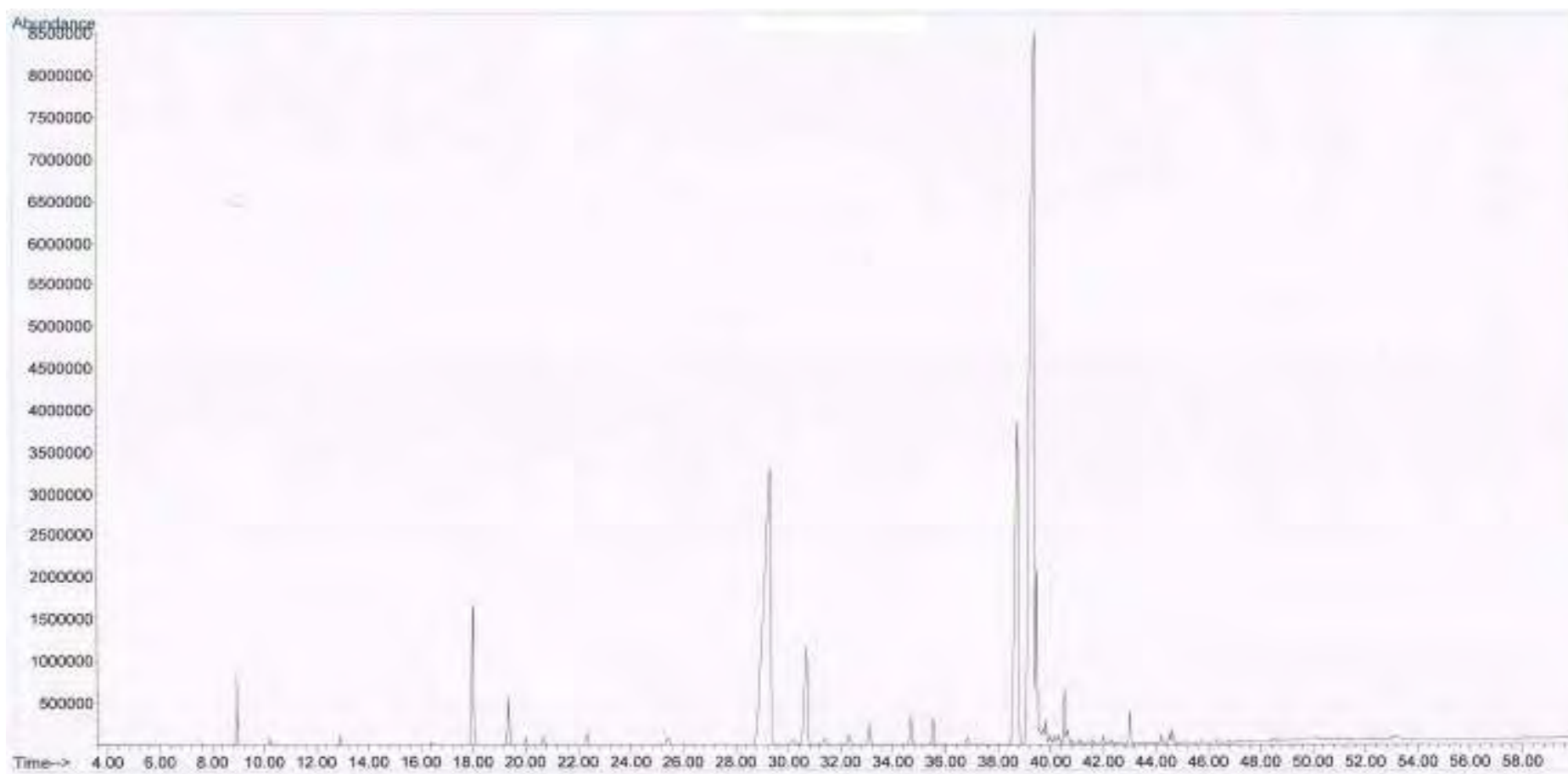
โครมาโตแกรมแสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันวัวและ ไขมันวัวแยกส่วน



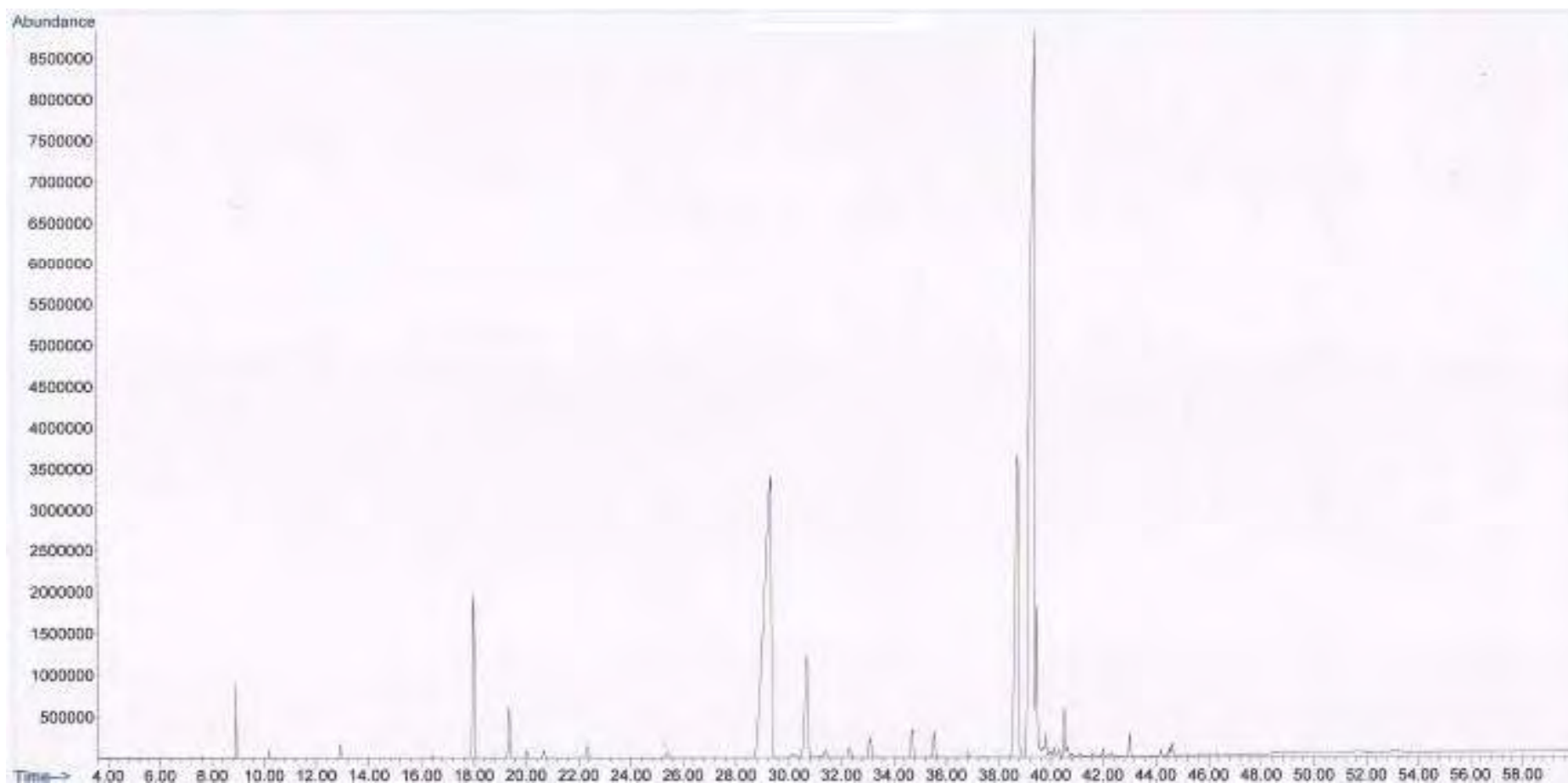
รูปที่ ๑1 โครมาโตแกรมองค์ประกอบกรดไขมันของกรดไขมันมาตรฐาน (FAMES Mix C4-C24, Supelco) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210⁰C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150⁰C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200⁰C ด้วยอัตรา 1.3⁰C /min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250⁰C)



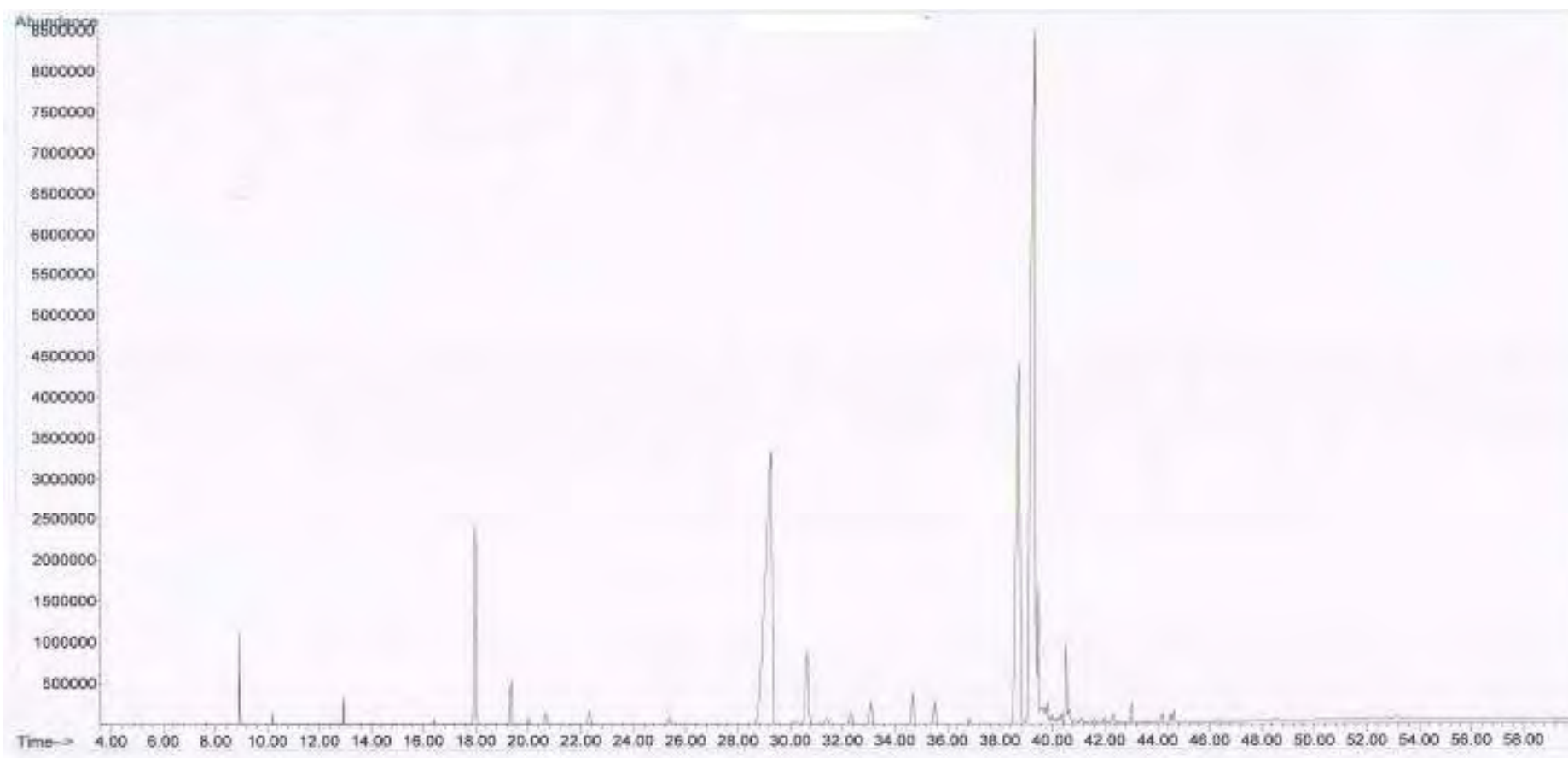
รูปที่ ก2 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันวัวเริ่มต้นที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแยกส่วน โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210⁰C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150⁰C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200⁰C ด้วยอัตรา 1.3⁰C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250⁰C)



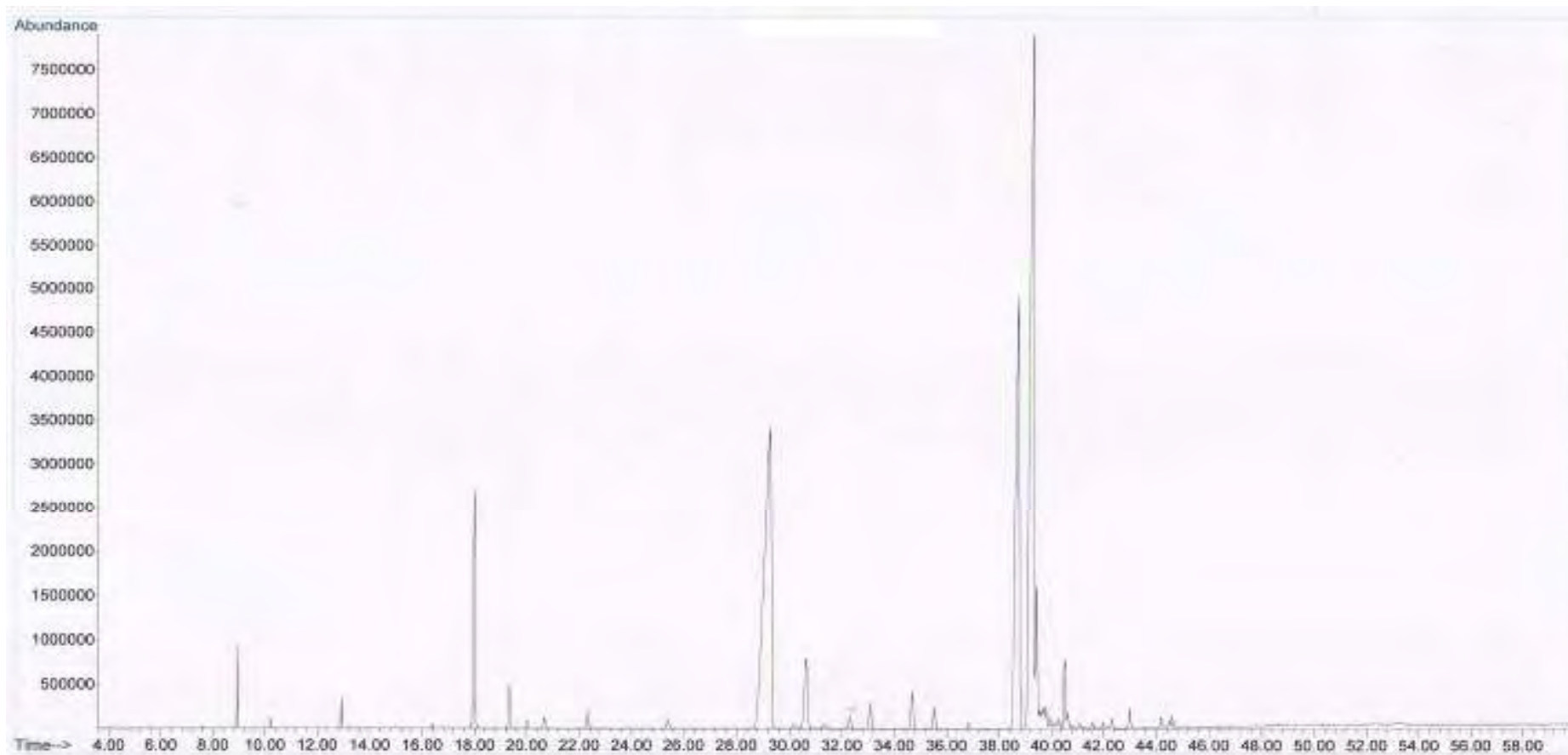
รูปที่ ๓ โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (LF35) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210°C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150°C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200°C ด้วยอัตรา 1.3°C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250°C)



รูปที่ ค4 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (SF35) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210°C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150°C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200°C ด้วยอัตรา 1.3°C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250°C)



รูปที่ ค5 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันเหลืองที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C (LF25) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210°C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150°C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200°C ด้วยอัตรา 1.3°C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250°C)



รูปที่ ค6 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแข็งที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C (SF25) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210°C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150°C เพิ่มอุณหภูมิ เป็น 200°C ด้วยอัตรา 1.3°C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250°C)

ภาคผนวก ง

สูตรของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และหมั่นโถว

1. ขนมปังหวาน

สูตร 1 ขนมปังหวาน (บริษัทบางกอกฟลาวมิลล์)

ส่วนผสม

แป้งขนมปัง(ตราหงส์ขาว)	300	กรัม
แป้งเค้ก (ตราบัวแดง)	75	กรัม
ยีสต์ (ตรา Saf instant)	6	กรัม
เอ็มเพิล็กซ์	5	กรัม
เกลือ	6	กรัม
น้ำตาล	75	กรัม
ไข่ไก่ทั้งฟอง	12	กรัม
นมสด	75	กรัม
น้ำ	150	กรัม
เนยสด	68	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้งขนมปัง แป้งเค้กเข้าด้วยกัน ลงในอ่างผสม ใส่ยีสต์ น้ำตาล เอ็มเพิล็กซ์ เกลือ น้ำ นมสด และเนยสดใช้หัวตีรูปตะขอนวด ใช้ความเร็วต่ำจนเข้ากัน แล้วใช้ความเร็วกลางนวดต่อจนส่วนผสมเนียนได้ที่ ประมาณ 15 – 20 นาที
2. นำแป้งที่นวดได้แล้วมาแบ่งเป็นก้อน ก้อนละ 50 กรัม หรือตามขนาดที่ต้องการ คลึงก้อนกลมพักไว้ 5 – 10 นาที นำขึ้นรูปตามต้องการแล้วใส่ถาดทาไขมันบาง ๆ แล้วจึงนำไปหมักให้ขึ้นอีก 2 เท่า ประมาณ 1 ชั่วโมง
3. นำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 180 – 200 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 – 15 นาที นำออกมาทานเย็นให้ทั่วทั้งให้เย็น

หมายเหตุ สูตรที่ 1 ปรากฏอยู่ที่ถุงแป้งของบริษัทบางกอกฟลาวมิลล์

สูตรที่ 2 ขนมปังหวาน (เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว)

ส่วนผสม

แป้งขนมปัง (ตราหงส์ขาว)	200	กรัม
แป้งเค้ก (ตราบัวแดง)	13	กรัม
ยีสต์	8	กรัม
เกลือ	3	กรัม
น้ำตาล	50	กรัม
นมข้นจืด	75	กรัม
ไข่ไก่ทั้งฟอง	12	กรัม
น้ำ	45	กรัม
เนยสด	50	กรัม

วิธีทำ

1. ชั่งตวงส่วนผสมตามสูตร
2. ร่อนแป้งขนมปัง แป้งเค้กเข้าด้วยกัน ลงในอ่างผสม ใส่ยีสต์คนให้เข้ากันพักไว้
3. ผสมไข่ นมข้นจืด น้ำตาล น้ำ เกลือ คนให้เข้ากัน เทลงในอ่างผสมในข้อ 1 ใช้หัวตีตะขอนวดพอเข้ากัน เติมนเนยสดนวดต่อจนแป้งเนียน จึงนำแป้งออกมาคลึงเป็นก้อนกลมพักไว้ประมาณ 15 นาที
4. ตัดแป้งออกเป็นก้อนๆ ละ 20 กรัม จนหมด คลึงให้เป็นก้อนกลมและผิวหน้าเนียน เรียงใส่ถาดที่ทำเนยขาวจนทั่ว พักแป้งให้ขึ้นฟูประมาณ 30 – 40 นาที
5. นำเข้าเตาอบ อบด้วยไฟ 160 – 180 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที

สูตรที่ 3 ขนมปังหวาน (สุชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสม

แป้งขนมปัง (ตราหงส์ขาว)	300	กรัม
แป้งเค้ก (ตราบัวแดง)	75	กรัม
ยีสต์ (ตรา Saf instant)	12	กรัม
เกลือ	3	กรัม
น้ำตาล	75	กรัม
ไข่ไก่ทั้งฟอง	50	กรัม
นมผง	120	กรัม

น้ำ	100	กรัม
เนยสด	33	กรัม

วิธีทำ

1. ชั่งตวงส่วนผสมตามสูตร
2. ร่อนแป้งขนมปัง แป้งเค้กเข้าด้วยกัน ลงในอ่างผสม ใส่ยีสต์คนให้เข้ากันพักไว้
3. ผสมไข่ นมข้นจืด น้ำตาล น้ำ เกลือ คนให้เข้ากัน เทลงในอ่างผสมในข้อ 1 ใช้หัวตีตะขอนวดพอเข้ากัน เติมนเนยสดนวดต่อจนแป้งเนียน จึงนำแป้งออกมาคลึงเป็นก้อนกลมพักไว้ประมาณ 15 นาที
4. ตัดแป้งออกเป็นก้อนๆ ละ 20 กรัม จนหมด คลึงให้เป็นก้อนกลมและผิวหน้าเนียน เรียงใส่ถาดที่ทำเนยขาวจนทั่ว พักแป้งให้ขึ้นฟูประมาณ 40–60 นาที
5. นำเข้าเตาอบ อบด้วยไฟ 180-200 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที

2. ลูกก็้อวลีสง

สูตรที่ 1 ลูกก็้อวลีสง (ลูกชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสม

แป้งสาลี	500	กรัม
ผงฟู	1	ช้อนโต๊ะ
เกลือป่น	1	ช้อนชา
เนยสด	200	กรัม
มาการีน	200	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	250	กรัม
ไข่ไก่	2	ฟอง
วานิลลา	1	ช้อนชา
ถั่วลิสงหั่นหยาบๆ	130	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง เกลือป่น ผงฟู ให้เข้ากันพักไว้
2. ตีเนยสด มาการีน น้ำตาลทราย จนขึ้นฟูขาว
3. ใส่ไข่ไก่ วานิลลาและส่วนผสมในข้อที่ 1 และใส่ถั่วลิสงคนให้เข้ากัน
4. ตักหยอดใส่ถาดอบอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 15 นาที

5. แหะออกจากถาด พักไว้ให้เย็นใส่กล่องปิดฝาให้สนิท

สูตรที่ 2 ลูกกั้วลิสง (เกษรา มานันตพงษ์)

ส่วนผสม

แป้งสาลี	225	กรัม
เกลือป่น	$\frac{1}{2}$	ช้อนชา
น้ำตาลทรายป่น	112.5	กรัม
วานิลลา	$\frac{1}{2}$	ช้อนชา
ผงฟู	1 $\frac{1}{2}$	ช้อนชา
เนยสด	150	กรัม
ไข่ไก่	1	ฟอง
ถั่วลิสงคั่วหั่นหยาบ	80	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง เกลือป่น ผงฟู ให้เข้ากันพักไว้
2. ตีเนยให้ขึ้นฟูใส่น้ำตาลทีละน้อยจนหมด ใส่ไข่ คนให้เข้ากัน ใส่วานิลลา ถั่วลิสง คนให้เข้ากัน แบ่ง
- แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ใส่แป้งส่วนที่ 1 ลงไปในเนย คนพอเข้ากัน ใส่แป้งส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 จนกระทั่งแป้งหมด
3. ตักหยอดใส่ถาด แต่งหน้าด้วยถั่วลิสงหั่น อบอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 15 นาที หรือจนสุกเหลือง ตักออกพักไว้บนตะแกรงให้เย็นใส่กล่องปิดฝาให้สนิท

สูตรที่ 3 ลูกกั้วลิสง (สุชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสม

แป้งสาลี	400	กรัม
ผงฟู	1	ช้อนโต๊ะ
เกลือป่น	$\frac{1}{2}$	ช้อนชา
เนยสด	250	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	250	กรัม
ไข่ไก่	2	ฟอง
วานิลลา	1	ช้อนชา
ถั่วลิสงหั่นหยาบๆ	80	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง เกือบผง ผงฟู ให้เข้ากันพักไว้
2. ตีเนยสด มาการีน น้ำตาลทราย จนขึ้นฟูขาว
3. ใส่ไข่ไก่ วานิลลาและส่วนผสมในข้อที่1 และใส่ถั่วลิสงคนให้เข้ากัน
4. ตักหยอดใส่ถาดอบอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 15 นาที
5. แวะออกจากถาด พักไว้ให้เย็นใส่กล่องปิดฝาให้สนิท

3. เค้กเนย

สูตรที่1 เค้กเนย (สุชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสม

แป้งเค้กร่อนแล้วตราพัดโบก	200	กรัม
ผงฟู	6	กรัม
เกลือ	2	กรัม
เนยสด	180	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	185	กรัม
นมสด	120	กรัม
วานิลลา	5	กรัม
ไข่ไก่	200	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง ผงฟู เกลือ รวมกัน 2 ครั้ง
2. ตีเนยให้ขึ้นฟูแล้วใส่น้ำตาลทรายทีละน้อยจนหมด
3. ใส่ไข่ทีละฟองจนครบ แล้วตีให้ส่วนผสมเข้ากัน
4. แบ่งแป้งออกเป็น 3 ส่วน แบ่งนมสดออกเป็น 2 ส่วนใส่แป้งสลับกับนมสดตะล่อมให้เข้ากันจนหมดที่แป้งจึงใส่วานิลลา และตะล่อมให้เข้ากันอีกครั้ง
5. ตักใส่พิมพ์ที่ทาเนยเตรียมไว้ อบไฟ 180 องศาเซลเซียส ประมาณ 30-40 นาทีหรือจนขนมสุกเอาออกจากเตาอบทิ้งไว้ให้เย็น

สูตรที่ 2 เค้กเนย (นิดดา หงษ์วิวัฒน์, 2548.)

ส่วนผสม

แป้งเค้กร่อนแล้วตราพัดโบก	200	กรัม
ผงฟู	6	กรัม
เกลือป่น	2	กรัม
เนยสด	180	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	185	กรัม
นมสด	120	กรัม
วานิลลา	5	กรัม
ไข่ขาว	4	ฟอง
ไข่แดง	4	ฟอง

เนยสำหรับทาพิมพ์

วิธีทำ

1. ตีเนยสดในอ่างผสมด้วยเครื่องผสมอาหารโดยใช้หัวตีใบพัด ตีด้วยความเร็วสูง ตีจนเนยขึ้นฟูเบา เป็นสีครีมนวล ค่อยๆใส่น้ำตาล 1 ถ้วย ทีละน้อยจนหมด ในระหว่างที่ตีให้ใช้พายยางคนและปาดส่วนผสม ตรงกันและขอบอ่างผสม เพื่อให้เข้ากัน ตีจนขึ้นฟูเป็นครีมและน้ำตาลละลายหมดจึงลดความเร็วให้ต่ำสุด ใส่ไข่แดงลงไปทีละฟองจนหมด ตีให้เข้ากันดี จากนั้นใส่แป้ง สลับกับนม (โดยแบ่งแป้งออกเป็น 3 ส่วน นม 2 ส่วน) เริ่มด้วยการตีแป้งแล้วจึงจบด้วยแป้งเช่นกัน ผสมพอเข้ากัน ถ้าผสมนานเกินไปส่วนผสมที่ได้จะ เหนียวและเมื่ออบเนื้อเค้กจะแข็ง) ปิดเครื่องพักไว้

2. ตีไข่ขาวในอ่างผสมด้วยเครื่องตีไฟฟ้าใช้หัวตะกร้อ ตีด้วยความเร็วสูงจนเป็นฟองสีขาวจึงค่อยๆ น้ำตาลที่เหลือใส่ทีละน้อยจนหมด ในระหว่างที่ตีใช้พายยางปาดขอบลงมาตีด้วยตีจนไข่ขาวตั้งยอดแข็ง ปิด เครื่องตักไข่ขาวใส่ลงผสมแป้งที่ทำไว้ ตะล่อมด้วยพายยางให้เข้ากัน อย่าคนนานเกินไปจะยุบตัว เทส่วนผสม เค้กลงในพิมพ์ที่เตรียมไว้ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของพิมพ์แล้วไล่อากาศออกโดยใช้ช้อนคน 2-3 ครั้ง นำเข้าเตาอบ อบ ไฟ 180 องศาเซลเซียส นานประมาณ 40-50 นาที หรือจนกว่าเค้กจะสุก

สูตรที่ 3 แก้วเนย (ยูโนเตตฟลาวมิลล์)

ส่วนผสม

แป้งเค้กตราริบบิ้น	200	กรัม
ผงฟู	5	กรัม
น้ำตาลทราย	200	กรัม
เนยสด	200	กรัม
นมข้นจืด	100	กรัม
ไข่ไก่	200	กรัม
สารอิมัลซิไฟเออร์ EC25k	20	กรัม
วานิลลาผง	1	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้งเค้กกับผงฟูเข้าด้วยกัน พักไว้
2. นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ในอ่างผสมตีโดยใช้หัวตีตะกร้อด้วยความเร็วตามลำดับดังนี้ตีความเร็วต่ำ 30 วินาที ความเร็วปานกลาง 5 – 6 นาที ความเร็วต่ำ 30 วินาที
3. เทใส่พิมพ์เค้กขนาด 3 ปอนด์ที่ทาไขมันและรองด้วยกระดาษไข
4. อบประมาณ 45 นาทีหรือจนกระทั่งสุก

หมายเหตุ สูตรที่ 3 ปรากฏอยู่ที่ถุงแป้งของบริษัทยูโนเตตฟลาวมิลล์

4. หมั่นโถว

สูตร 1

ส่วนผสม

แป้งสาลีตราบัวแดง	540	กรัม
น้ำตาลทราย	130	กรัม (แบ่งใส่ในยีสต์ 60 กรัม)
ยีสต์	1	ช้อนโต๊ะ
ผงฟู	1	ช้อนโต๊ะ
เกลือ	1	ช้อนชา
เนยขาว	50	กรัม

น้ำเปล่า 240 กรัม (ทำเป็นน้ำอุ่นใส่ในยีสต์ 140 กรัม)

วิธีทำ

1. เอาถ้วยมาใส่ยีสต์ใส่น้ำตาลทรายลงไปเติมน้ำอุ่นปิดฝารอให้ยีสต์ฟูๆ ประมาณ 15-20 นาที
2. ละลายน้ำตาลทรายที่เหลือในน้ำ
3. ผสมแป้ง เกลือ และผงฟูเข้าด้วยกันตามด้วยยีสต์และน้ำที่ผสมกันไว้ ตามด้วยน้ำตาลที่ละลายไว้ให้หมด
4. นวดให้เข้ากัน เติมน้ำมันลงไปนวดให้เข้ากัน
5. พักแป้งให้ขึ้นฟูเป็นสองเท่าของก้อนโด
6. ตัดแป้งตามน้ำหนักที่ต้องการ คลึงเป็นก้อนกลม ริดแป้งให้แผ่ออกไปม้วนแป้งเป็นรูปลักบี้วางบนกระดาษไขพักให้แป้งขึ้นเป็นสองเท่า
7. ตั้งลังถึงน้ำเดือดนิ่ง 10-12 นาที

สูตร 2

ส่วนผสม

แป้งสาลีตราบัวแดง	500	กรัม
ผงฟู	1+1/2	ช้อนชา
ยีสต์	1	ช้อนโต๊ะ
น้ำตาลทราย	100	กรัม
น้ำเปล่า	240	กรัม
เกลือป่น	1/8	กรัม
ไข่ขาว	1/2	ฟอง
เนยขาว	2	ช้อนโต๊ะ

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง ผงฟู และเกลือให้เข้ากัน เติมน้ำตาลลงไปพักไว้
2. ละลายน้ำตาลทรายด้วยน้ำเปล่า เทใส่ลงในแป้ง นวดพอเข้ากัน
3. เติมน้ำมันและเนยขาวนวดต่อจนกระทั่งแป้งไม่ติดมือและเนียนนุ่ม ใส่แป้งผสมใช้พลาสติกปิดไว้พักไว้ให้ขึ้นฟูเป็น 2 เท่า
4. นำมาตัดเป็นก้อนตามน้ำหนักที่ต้องการขึ้นรูปเป็นรูปลักบี้รองด้วยกระดาษไขตัดเป็นสี่เหลี่ยม
5. พักไว้จนกระทั่งแป้งขึ้นเป็น 2 เท่า นำไปนึ่งน้ำเดือดจัด 10-12 นาที

สูตร 3

ส่วนผสมที่ 1

แป้งสาลีที่ใช้ทำซาลาเปา	2+1/2	ถ้วย
ยีสต์	2	ช้อนชา
นมสด	160	กรัม

ส่วนผสมที่ 2

นมสด	6	ช้อนโต๊ะ
ผงฟู	1	ช้อนโต๊ะ
เนยขาว	50	กรัม
น้ำตาลทราย(ปั่นละเอียด)	120	กรัม
เกลือป่น	1	ช้อนชา
แป้งเค้ก	1+1/2	ถ้วย

วิธีทำ

1. ส่วนที่ 1 ผสมแป้งกับยีสต์แล้วใส่นม นวดให้เข้ากัน พักไว้ 30-40 นาที หรือแป้งขึ้น 2 เท่า
2. เทส่วนที่ 2 ผสมตามลำดับดังนี้ แป้งเค้ก นมสด น้ำตาลทรายละลายน้ำ ผงฟู เกลือป่น เกล้าให้เข้ากันแล้วใส่แป้งส่วนที่ 1 ที่เตรียมไว้ นวดให้เข้ากันอีกครั้ง ใส่น้ำมันนวดต่อไปจนแป้งไม่ติดมือ พักไว้อีก 30-40 นาทีหรือแป้งขึ้นเป็น 2 เท่า
3. นำแป้งมานวดไล่อากาศ แล้วแบ่งแป้งออกเป็นก้อนกลมๆ ตามน้ำหนักที่ต้องการแผ่แป้งขึ้นรูปลักรีดบนกระดาษพักไว้อีก 30 นาที หรือแป้งขึ้นเป็น 2 เท่า
4. นำไปนึ่งในน้ำเดือดประมาณ 10-12 นาที

สูตร 4

ส่วนผสม

แป้งสาลีที่ใช้ทำซาลาเปา	500	กรัม
น้ำตาลทราย	45	กรัม
นมสด	150	กรัม
เกลือ	2	กรัม
ผงฟู	10	กรัม
ยีสต์	10	กรัม

น้ำมันพืช	10	กรัม
น้ำเปล่า	60	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง ผงฟู เกลือและยีสต์เข้าด้วยกัน
2. เอน้ำตาลละลายน้ำ
3. ผสมน้ำมันพืชกับนมสดเข้าด้วยกันค่อยๆ ใส่ลงในส่วนผสมแป้งสลับกับน้ำวนจนเนียน
4. พักแป้งให้ขึ้นฟูเป็นสองเท่าของก้อนโด
5. ตัดแป้งตามน้ำหนักที่ต้องการ คลึงเป็นก้อนกลม รีดแป้งให้แผ่ออกไปม้วนแป้งเป็นรูปลักบี้วางบนกระดาษไขพักให้แป้งขึ้นเป็นสองเท่า
6. ตั้งลังถึงน้ำเดือดนี้ 10-12 นาที

5. พายชั้น

พายชั้น (ปิยะ ทองนวล ,2552)

ส่วนผสม

แป้งขนมปัง	150	กรัม
แป้งอเนกประสงค์	100	กรัม
เนยสด	80	กรัม
เกลือ	1	กรัม
น้ำเย็น	125	กรัม
ครีมออฟฟัททาร์	1	กรัม
เพสตรี้มาริน	200	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมแป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ ครีมออฟฟัททาร์ ลงในอ่างผสม
2. ละลายเกลือในน้ำเย็น เทลงในส่วนผสมของแป้ง นวดพอเข้ากันเติมเนยสด นวดต่อจนกระทั่งส่วนผสมเนียน พักโดประมาณ 30 นาที แล้วคลึงออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. คลึงเพสตรี้มารินบนกระดาษไข ให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2/3 ของแผ่นแป้ง แล้ววางลงบนแผ่นโด วางให้ชิดขอบด้านใดด้านหนึ่ง แล้วพับส่วนที่ไม่มีเนยให้ทับส่วนที่มีเนย พับด้านที่เหลือลงไป กดริมให้แน่นทุกด้าน พักโดไว้ประมาณ 10 นาที คลึงออก (ขนาด 9 × 15 นิ้ว) แล้วพับ 3 ทบ ทำเช่นนี้อีก 2 ครั้ง โดยทุกครั้งหลังพับ ต้องพักโดประมาณ 10 นาที เมื่อพับครบแล้ว นำแป้งโดมาคลึงออกเป็น รูป

สีเหลืองผืนผ้า ความหนาตามต้องการ ตัดเป็นสีเหลืองผืนผ้า ขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว ทาไข่และโรยน้ำตาล

4. นำพายที่ได้วางบนถาดที่ทาน้ำมันขาว นำเข้าอบโดยใช้ไฟ 200 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 30 นาที

6. ชิฟฟอนใบเตย

สูตรที่ 1 ชิฟฟอนเค้กใบเตย (สุชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสมที่ 1

แป้งเค้ก	125	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	80	กรัม
ผงฟู	4	กรัม
น้ำเปล่า	45	กรัม
น้ำใบเตยคั้นข้น	40	กรัม
ไข่แดง	4	ฟอง
น้ำมันพืช	50	กรัม
กลิ่นวานิลลา	10	กรัม

ส่วนผสมที่ 2

ไข่ขาว	4	ฟอง
ครีมออฟฟัททาร์	2.5	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	50	กรัม

วิธีทำ

1. ส่วนที่ 1 ร่อนแป้งเค้กและผงฟูรวมกัน 2 ครั้ง นำน้ำตาลทรายป่นมาเคล้ารวมกัน พักไว้
2. ผสมน้ำเปล่า ไข่แดง น้ำมันพืช น้ำใบเตยคั้นข้น และกลิ่นวานิลลาเข้าด้วยกันด้วยตะกร้อมือ
3. นำส่วนผสมของแป้ง เติมลงในส่วนผสมของไข่แดง คนให้เข้ากัน
4. ส่วนผสมที่ 2 ตีไข่ขาว ครีมออฟฟัททาร์ น้ำตาลทรายป่นจนขึ้นฟูขาวตั้งยอดอ่อน
5. นำส่วนผสมของไข่แดงค่อยๆ เทลงในส่วนไข่ขาว ตะล่อมให้เข้ากันอย่างเบามือจนเข้ากันดี เทส่วนผสมใส่ถาดที่รองด้วยกระดาษไข
6. อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 15 – 20 นาที หรือจนสุก

สูตรที่ 2 ชิฟฟอนเค้กใบเตย (ร้านปู่ อะ เอ เค้กชิฟฟอน)

ส่วนผสมที่ 1

แป้งเค้ก	100	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	30	กรัม
ผงฟู	3	กรัม
เกลือ	0.8	กรัม
นมข้นจืด	70	กรัม
น้ำใบเตยคั้นข้น	40	กรัม
ไข่แดง	3	ฟอง
น้ำมันพืช	100	กรัม
กลิ่นวานิลลา	10	กรัม

ส่วนผสมที่ 2

ไข่ขาว	3	ฟอง
ครีมออฟฟาร์ทาร์	1/4	ช้อนชา
น้ำตาลทรายป่น	40	กรัม

วิธีทำ

1. ส่วนที่ 1 ร่อนแป้งเค้กและผงฟูร่วมกัน 2 ครั้ง นำน้ำตาลทรายป่นมาคล้ารวมกัน พักไว้
2. ผสมน้ำเปล่า ไข่แดง น้ำมันพืช น้ำใบเตยคั้นข้น และกลิ่นวานิลลาเข้าด้วยกันด้วย ตะกร้อมือ
3. นำส่วนผสมของแป้ง เติมลงในส่วนผสมของไข่แดง คนให้เข้ากัน
4. ส่วนผสมที่ 2 ตีไข่ขาว ครีมออฟฟาร์ทาร์ น้ำตาลทรายป่นจนขึ้นฟูขาวตั้งยอดอ่อน
5. นำส่วนผสมของไข่แดงค่อยๆ เทลงในส่วนไข่ขาว ตะล่อมให้เข้ากันอย่างเบามือจนเข้ากันดี เทส่วนผสมใส่ถาดที่รองด้วยกระดาษไข
6. อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 15 – 20 นาที หรือจนสุก

สูตรที่ 3 ชิฟฟอนเค้กใบเตย (ศรีสมร คงพันธุ์, 2549.)

ส่วนผสมที่ 1

แป้งเค้ก	125	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	75	กรัม
ผงฟู	4	กรัม
เกลือ	2.5	กรัม
น้ำเย็น	40	กรัม
น้ำใบเตยคั้นข้น	40	กรัม
ไข่แดง	2.5	ฟอง
น้ำมันพืช	60	กรัม
กลิ่นวานิลลา	10	กรัม

ส่วนผสมที่ 2

ไข่ขาว	4	ฟอง
ครีมออฟฟัททาร์	1/8	กรัม
น้ำตาลทรายป่น	50	กรัม

วิธีทำ

1. ส่วนที่ 1 ร่อนแป้งเค้กและผงฟูร่วมกัน 2 ครั้ง นำน้ำตาลทรายป่นมาเคล้ารวมกัน พักไว้
2. ผสมน้ำเปล่า ไข่แดง น้ำมันพืช น้ำใบเตยคั้นข้น และกลิ่นวานิลลาเข้าด้วยกันด้วยตะกร้อมือ
3. นำส่วนผสมของแป้ง เติมลงในส่วนผสมของไข่แดง คนให้เข้ากัน
4. ส่วนผสมที่ 2 ตีไข่ขาว ครีมออฟฟัททาร์ น้ำตาลทรายป่นจนขึ้นฟูขาวตั้งยอดอ่อน
5. นำส่วนผสมของไข่แดงค่อยๆ เทลงในส่วนไข่ขาว ตะล่อมให้เข้ากันอย่างเบามือจนเข้ากันดี เทส่วนผสมใส่ถาดที่รองด้วยกระดาษไข
6. อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 15 – 20 นาที หรือจนสุก

7. โฉนท

สูตรที่ 1 โฉนทไข่ไก่ (สุชาดา งามประภาวัฒน์)

ส่วนผสม

แป้งขนมปังตราหงษ์ขาว	360	กรัม
แป้งสาลีตราว่าว	90	กรัม
ยีสต์	10	กรัม
ผงฟู	8	กรัม
น้ำ	220	กรัม
ไข่ไก่	120	กรัม
น้ำตาลทราย	40	กรัม
เกลือ	4	กรัม
เนยขาว	40	กรัม
น้ำมันสำหรับทอดตราอุณ	500	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง 2 ชนิด ยีสต์และผงฟูเข้าด้วยกัน
2. ละลายน้ำตาลทราย เกลือ ลงในไข่ไก่ และน้ำผสมให้เข้ากันเทลงในส่วนผสมของแป้ง นวดพอเข้ากัน ใส่เนยขาวนวดต่อจนส่วนผสมเนียน หมักไว้ 45 – 60 นาที
3. นำมาตัดเป็นก้อนๆ ละ 10 กรัม คลึงให้กลมพักไว้ 10 นาที ทำรูปตามต้องการ นำไปพักไว้ 10 นาที แล้วนำไปทอดจนสุก ตักขึ้นแล้วคลุกน้ำตาล

สูตรที่ 2 โฉนทผงฟู (เกษรา มานันตพงษ์)

ส่วนผสม

แป้งสาลีเนกประสงค์	250	กรัม
น้ำตาลทราย	100	กรัม
นมสด	60	กรัม
ไข่ไก่	60	กรัม

ผงฟู	8	กรัม
เกลือป่น	2.5	กรัม
ลูกจันทร์ป่น	3	กรัม
เนยสดหรือมาการีนละลาย	50	กรัม
น้ำมันสำหรับทอด	110	กรัม

วิธีทำ

1. ร่อนแป้ง เกลือ ผงฟู ลูกจันทร์ป่น รวมกัน 2 ครั้ง
2. ตีไข่ให้ขึ้นฟู ค่อยๆ ใส่น้ำตาลทรายทีละน้อยจนหมด ใส่นเนยละลาย คนให้เข้ากัน
3. ใส่วุ้นแป้งสลับกับนม จนกระทั่งแป้งหมดตะล่อมเบาๆ เสร็จแล้วปล่อยให้ขึ้นฟูประมาณ 15-20 นาที จึงนำมากดด้วยพิมพ์โดนัท ถ้าแป้งโดนัทติดพิมพ์ให้ใช้แป้งนวลได้เล็กน้อย
4. นำไปทอดจนสุก ตักขึ้นแล้วคลุกน้ำตาล

สูตรที่ 3 โดนัทยีสต์ (เกษรา มานันตพงษ์)

ส่วนผสมที่ 1

แป้งสาลีอเนกประสงค์	300	กรัม
แป้งขนมปัง	200	กรัม
น้ำตาลทราย	32	กรัม
นมผง	32	กรัม
ผงฟู	8	กรัม
เกลือป่น	7.5	กรัม
ยีสต์	10	กรัม

ส่วนผสมส่วนที่ 2

น้ำ	220	กรัม
มาการีนหรือเนยสด	100	กรัม
ไข่ไก่	60	กรัม
น้ำมันสำหรับทอด	220	กรัม

วิธีทำ

1. ผสมส่วนผสมที่ 1 ทุกอย่างลงในอ่างผสมคนให้เข้ากัน จึงนำส่วนผสมที่ 2 ใสลงไปจนจนแป้งเนียน ปล่อยให้แป้งขึ้นเป็น 2 เท่า จึงนำมาไล่อากาศ
2. ชั่งแป้งก่อนละ 10 กรัม ปั่นให้มีรูตรงกลางปล่อยให้ขึ้นเป็น 2 เท่าตัว จึงนำไปทอดพอสุก ตักขึ้นคลุกน้ำตาลทราย

ภาคผนวก จ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1.1 Iodine Value : Cyclohexane-Acetic acid Method (AOCS Method Cd 1-25, 1999)

หलอมตัวอย่างน้ำมัน โดยใช้อุณหภูมิ 80°C และกรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปน ซึ่งตัวอย่างน้ำมัน 0.200 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติม Cyclohexane-Acetic acid solution (1:1) ปริมาตร 15 ml เขย่าตัวอย่างให้ละลาย หลังจากนั้นเติม Wijs solution 25 ml ด้วย ปิเปต เขย่าให้เข้ากัน และเก็บในที่มืด นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม 10% KI 20 ml แล้วเติมน้ำกลั่น 100 ml เขย่า ไทเทรตด้วย 0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ จนมีสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 1 ml ไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหมดไป อ่านปริมาตร $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรต

การคำนวณค่า iodine value

$$\text{Iodine value} = \frac{(B-S) \times N \times 12.69}{\text{wt of sample}}$$

หมายเหตุ B = ปริมาตร (mL) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรต blank
S = ปริมาตร (mL) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง
N = ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (normal)

1.2 Free Fatty Acid (AOCS Method Ca 5a-40, 1999)

หลอมเหลวตัวอย่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งตัวอย่างน้ำมัน 7.05 g ใส่ลงขวดรูปชมพู่ เติม neutralized alcohol 50 ml และเติม phenolphthalein 2 ml ไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH จนปรากฏสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรต

การคำนวณ

คำนวณในรูป oleic acid

$$\% \text{FFA as oleic} = \frac{\text{ml of alkali} \times N \times 28.2}{\text{wt of sample}}$$

หมายเหตุ N = ความเข้มข้นของด่าง

1.3 องค์ประกอบของกรดไขมัน (Compendium of Methods for Food Analysis, 2003)

ซึ่งตัวอย่างน้ำมัน 100 ± 0.1 มิลลิกรัม ในหลอดแก้วขนาด 18 x 180 มิลลิเมตร เติมสารละลาย 0.5N NaOH ในเมทานอล 4 มิลลิลิตร ก่อนนำไปทำให้ร้อนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 85-100°C นาน 10 นาที ทำให้เย็นก่อนเติมสารละลาย 14 % BF_3 ในเมทานอล ปริมาตร 4 มิลลิลิตร

นำไปทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 95°C นาน 10 นาที แล้วทำให้เย็นก่อนเติม n-hexane ปริมาตร 3 มิลลิลิตร จึงนำส่วนผสมไปทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 95°C นาน 5 นาที พร้อมกับเขย่าเป็นระยะๆ นำสารละลายไปทำให้เย็นก่อนเติมสารละลายอิ่มตัว NaCl ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าหลอดนาน 1 นาที ก่อนนำไปหมุนเหวี่ยง แยกสารละลายคอนบน (fatty acids methyl esters, FAMES) ออกก่อนนำของเหลวส่วนล่างไปสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง และนำสารสกัดของ FAMES ทั้ง 3 ครั้งมารวมกัน ขจัดความชื้นของสารสกัดด้วย anhydrous Na_2SO_4 ก่อนนำสารสกัดไประเหย n-hexane ภายใต้อินโตรเจนก๊าซจนเหลือปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตร นำสารละลาย FAMES ที่ได้มาวิเคราะห์หากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ โดยใช้ Gas Chromatograph มีชุดตรวจวัด (detector) ชนิด FID (Flame Ionize Detector, Shimadzu, Japan) โดยใช้ Siliga capillary column (60 m x 0.25 mm x 0.20 μm ; length x I.D. x dilution factor; Agilent Technologies, USA) Split ratio 1:20 ที่มีฮีเลียม (Helium gas 99.99%) เป็นแก๊สพา อัตราการไหล 0.4 ml/min ฉีดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ ปริมาตร 0.2 μl ด้วย auto injector (AOC- 20i, Shimadzu, Japan) อุณหภูมิของ injector เท่ากับ 210°C และอุณหภูมิของดีเทคเตอร์เท่ากับ 250°C โดยให้อุณหภูมิของ oven เท่ากับ 50°C คงอุณหภูมิไว้ 1 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 150°C ด้วยอัตราความเร็ว 10°C/นาที และคงอุณหภูมิไว้นาน 18 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230°C ด้วยอัตรา 4°C/นาที และคงอุณหภูมินี้ไว้นาน 9 นาที ใช้ Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) (Sigma, USA) เป็น internal standard (IS) และใช้ Mixed standard fatty acid methyl ester, C4-C24 (Supelco 37 component FAMES Mix, USA) เป็นกรดไขมันมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไขมัน

2.1 Melting point by capillary tube (AOCS Method Cc 1-25, 1999)

หาลอมเหลวตัวอย่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 80°C และกรองเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปน และตัวอย่างต้องปราศจากน้ำ บรรจุตัวอย่างที่หาลอมเหลวแล้วลงในหลอดคาปิลารี โดยจุ่มปลายหลอด ในน้ำมันที่หาลอมแล้ว จนระดับน้ำมันมีความสูง 10 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปลงไฟเพื่อปิดปลายหลอดทั้ง 2 ด้าน และนำไปผูกติดกับเทอร์โมมิเตอร์โดยให้ตำแหน่งตัวอย่างอยู่ติดกับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ และแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C ชั่วครู่ นำเทอร์โมมิเตอร์ที่ผูกติดกับหลอดคาปิลารี ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ml ที่ใส่น้ำกลั่น 300 ml โดยให้จุ่มเทอร์โมมิเตอร์จนระดับตัวอย่างทั้งหมดจมอยู่ในน้ำกลั่น และให้ความร้อน โดยค่อยๆเพิ่ม ความร้อนด้วยอัตรา 0.5°C / นาที พร้อมกวนด้วยความเร็วต่ำ อ่านอุณหภูมิที่ตัวอย่างหาลอมเหลวจนในทั้งหมด

2.2 Solid Fat Content (AOCS Official Method Cd 16-81, 2009)

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่า SFC ในช่วงอุณหภูมิ 5 - 45 °C ตัวอย่างจะถูกทำให้ร้อนที่ 100 °C นาน 15 นาที จากนั้นคงอุณหภูมิที่ 60 °C นาน 10 นาที จากนั้นคงอุณหภูมิที่ 0 °C นาน 60 นาที จากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิขึ้นให้เท่ากับอุณหภูมิที่จะใช้ในการวิเคราะห์ แล้วคงอุณหภูมิไว้ 30 นาที

2.3 Differential Scanning Calorimetry (AOCS method Cj 1-94, 2009)

สภาวะในการวิเคราะห์ คือ

1. ให้ความร้อนตัวอย่างน้ำมัน เริ่มจาก 25.00 °C จนถึง 100.00 °C ในอัตรา 20.00 °C/min
2. คงอุณหภูมิที่ 100.00°C นาน 1.0 นาที
3. ลดอุณหภูมิจาก 100.00 °C ให้เหลือ -60.00 °C ในอัตรา 5.00 /min
4. คงอุณหภูมิที่ -60.00 °C นาน 30.0 นาที
5. ให้ความร้อนจาก -60.00 °C เป็น 100.00 °C ด้วยอัตรา 5.00 °C/min